



---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr  
**Alexander Meyer**

**Farbmanagement im  
Broadcastbereich:  
Sicherung der  
Wiedergabequalität für  
Endkunden**

**2015**

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Farbmanagement im Broadcastbereich: Sicherung der Wiedergabequalität für Endkunden**

Autor:  
**Herr Alexander Meyer**

Studiengang:  
**Medientechnik**

Seminargruppe:  
**MT12wF-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr. –Ing Robert J. Wierzbicki**

Zweitprüfer:  
**Dipl.-Biol. Markus Skroblies**

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Color management in a broadcast environment: securing playback quality for end costumers**

author:

**Mr Alexander Meyer**

course of studies:

**Media Technology**

seminar group:

**MT12wF-B**

first examiner:

**Prof. Dr. -Ing Robert J. Wierzbicki**

second examiner:

**Dipl.-Biol. Markus Skroblies**

submission:

Hamburg, den 19.06.15

**Bibliografische Angaben**

Meyer, Alexander:

Farbmanagement im Broadcastbereich:  
Sicherung der Wiedergabequalität für Endkunden

99 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2015

**Abstract**

The thesis focuses on color management in a broadcast environment and explores the playback of videos on computersystems. Developing specific presets for a postproduction-company is the goal of this thesis. The impact of different environments on color appearance of a video and various export settings in software will be shown. Through multiple test on different computer systems, the study evaluates presets for both software and hardware. The study comes to the conclusion, that TV-standards should be applied to videos intended for viewing on computer systems to achieve the best color apperance through different systems.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Farbmanagement eines Videos.....</b>	<b>3</b>
2.1 Produktionsprozess eines Videos .....	4
2.2 Rezeptionsprozess .....	5
<b>3 Grundlagen der Videoproduktion .....</b>	<b>7</b>
3.1 Farben und Licht .....	7
3.1.1 Der Aufbau des menschlichen Auges .....	7
3.1.2 Was beeinflusst das menschliche Farbempfinden.....	8
3.1.3 Farben.....	11
3.1.4 Farbräume .....	12
3.2 Monitore .....	13
3.2.1 Monitortechnologien.....	14
3.2.2 Produktionsmonitore .....	15
3.2.3 Konsumenten-Monitore.....	17
3.2.4 Kalibrierung & Profilierung .....	18
3.3 Digitales HD-Video .....	20
3.3.1 Quantisierung.....	20
3.3.2 Lineare Encodierung von Helligkeit .....	21
3.3.3 Gamma .....	23
3.3.4 Rec. ITU-R BT.709-4 .....	29
3.3.5 Videocodecs .....	29
3.4 Software .....	31
3.5 Darstellung von Videomaterial auf PC-Systemen .....	34
3.6 Optimale Betrachtungssituation .....	35
3.6.1 Wandfarbe .....	35
3.6.2 Helligkeit des Raumlichtes .....	35
3.6.3 Die Farbtemperatur des Raumlichtes .....	36

---

<b>4</b>	<b>Test: Export in Delivery-Codec .....</b>	<b>38</b>
4.1	Testdurchführung Test 1 .....	38
4.1.1	Überblick über den Ablauf.....	38
4.1.2	Testbedingungen .....	40
4.1.3	Testablauf .....	43
4.1.4	Ergebnisse .....	45
<b>5</b>	<b>Test: Wiedergabe auf Computersystem .....</b>	<b>47</b>
5.1	Testdurchführung Test 2 .....	47
5.1.1	Testbedingungen .....	47
5.1.2	Ergebnisse .....	48
5.2	Testdurchführung Test 3 .....	49
5.2.1	Testbedingungen .....	49
5.2.2	Testergebnisse Testsystem Mac OSX.....	50
5.2.3	Testergebnisse Testsystem Windows .....	52
<b>6</b>	<b>Fehleranalyse.....</b>	<b>54</b>
6.1	Produktionsprozess.....	54
6.1.1	Avid Media Composer: Import Videomaterial .....	54
6.1.2	Avid Media Composer: Export .....	54
6.1.3	Enkodiersoftware: Parameter für Export.....	55
6.1.4	Unterschiedliche Encoder für H.264 .....	56
6.2	Rezeptionsprozess.....	56
6.2.1	Mediaplayer dekodiert Video .....	56
6.2.2	Grafikkarte sendet Daten an Monitor .....	57
6.2.3	Monitor stellt Video dar .....	57
6.2.4	Nutzer sieht Video.....	59
<b>7</b>	<b>Vorgaben .....</b>	<b>61</b>
7.1	Für Kunden.....	61
7.2	Für die Produktion .....	62
<b>8</b>	<b>Schlussbetrachtungen.....</b>	<b>64</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
	<b>Anlagen .....</b>	<b>XVIII</b>
	<b>Anlage 1: Test 1 – Durchführungsbestimmungen .....</b>	<b>XIX</b>
	<b>Anlage 2: Test 1 – Spezifikationen der Testsequenz .....</b>	<b>XX</b>
	<b>Anlage 3: Test 1 – Allgemeine Testbedingungen.....</b>	<b>XXI</b>
	<b>Anlage 4: Test 1 – Exporteinstellungen .....</b>	<b>XXII</b>

---

<b>Anlage 5: Test 1 – Versuchsprotokoll .....</b>	<b>XXIV</b>
<b>Anlage 6: Test 2 – Testbedingungen .....</b>	<b>XXV</b>
<b>Anlage 7: Test 2 – Versuchsprotokoll .....</b>	<b>XXVI</b>
<b>Anlage 8: Test 3 – Versuchsprotokoll Mac OSX.....</b>	<b>XXVII</b>
<b>Anlage 9: Test 3 – Versuchsprotokoll Windows.....</b>	<b>XXVIII</b>
<b>Anlage 10: Testergebnisse Test 1 Abbildungen.....</b>	<b>XXIX</b>
<b>Anlage 11: DVD.....</b>	<b>XXX</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>XXXI</b>

# Abkürzungsverzeichnis

**AMA**

...Avid Media Access

**CIE**

...Commission Internationale d'Eclairage

**CMYK**

...Cyan Magenta Yellow Black

**CRT**

...Cathode Ray Tube

**DVD**

...Digital Versatile Disc

**EBU**

...European Broadcasting Union

**EOCF**

...Electro-Optical Conversion Function

**HD**

...High Definition

**HDTV**

...High Definition Television

**HP**

...Hewlett Packard

**ICC**

...International Color Consortium

**ITU**

...International Telecommunication Union

**JVT**

...Joint Venture Group

**K**

...Kelvin

**kBit/s**

...Kilobit pro Sekunde

**kHz**

...Kilohertz

**LCD**

...Liquid Chrystal Display

*LED*

...Light-emitting diode

*LUT*

...Look Up Table

*Mac*

...Macintosh

*MPEG*

...Moving Picture Expert Group-2

*NLE*

...Non Linear Editing

*OECF*

...Opto-Electronic Conversion Function

*PC*

...Personal Computer

*Rec.709*

...ITU-R Recommendation BT.709

*RGB*

...Rot Grün Blau

*RP*

...Recommended Practice

*sRGB*

...Farbraum; Standard Rot Grün Blau

*SD*

...Standard Definition

*SMPTE*

...Society of Motion Picture & Television Engineers

*TV*

...Television

*VLC*

...Video Lan Client

*x264*

...Codec

*YCbCr*

...Farbmodell; Y=Luminance, C=Chrominanz

*Y-Kanal*

...Luminanz-Kanal

# Formelverzeichnis

Definition Gamma  $\Upsilon$

$$f(x) = x^\gamma$$

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionsprozess eines Video .....	4
Abbildung 2: Rezeptionsprozess .....	5
Abbildung 3: Videoplayer im Vergleich .....	5
Abbildung 4: Simultankontraste .....	9
Abbildung 5: Gesichtsfeld .....	10
Abbildung 6: CIE-Normfarbtafel .....	11
Abbildung 7: WFM5200 Waveform Monitor .....	16
Abbildung 8: Vektorskope in Avid Media Composer .....	17
Abbildung 9: LUT-Umrechnung .....	19
Abbildung 10: Lineare Enkodierung .....	21
Abbildung 11: Lineare Enkodierung 8 Bit .....	22
Abbildung 12: Banding .....	23
Abbildung 13: Gammakorrektur .....	25
Abbildung 14: Gamma on TV .....	25
Abbildung 15: Vergleich Linear vs. Gamma .....	26
Abbildung 16: Surround Effect .....	27
Abbildung 17: Wiedergabe auf einem Computersystem .....	34
Abbildung 18: Test 1 Übersicht .....	38
Abbildung 19: Testbild 1 .....	40
Abbildung 20: Testbild 1 – Waveformdarstellung .....	41
Abbildung 21: Falsche und korrekte Wiedergabe im Vergleich .....	42

---

Abbildung 22: Testbild 2 - Studio-Range.....	42
Abbildung 23: Testbild 2 - Full-Range .....	42
Abbildung 24: Test1_Avid_709_AM_H264.....	45
Abbildung 25: Test1_Avid_RGB_AM_H264.....	45
Abbildung 26: Test1_Avid_709_H264, abgespielt im VLC Player.....	48
Abbildung 27: Test1_Avid_709_AM_H264.....	48
Abbildung 28: VLC vs. Quicktime 1 Mac OSX.....	50
Abbildung 29: Auszug Messprotokoll Test 3 Mac OSX .....	51
Abbildung 30: VLC vs. Quicktime 2 1 Mac OSX.....	51
Abbildung 31: VLC vs. Quicktime 3 1 Mac OSX.....	51
Abbildung 32: Graurampe im Vergleich Mac OSX .....	52
Abbildung 33: Graurampe im Vergleich Windows .....	53



---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gamma im Vergleich .....	28
Tabelle 2: Testsequenz .....	40
Tabelle 3: Projekteinstellungen Avid Media Composer .....	43

# 1 Einleitung

Grün oder doch ein Helles Gelb? Lila oder Dunkelblau? Bei der Beurteilung von Farben gehen die Meinungen oft weit auseinander. Erfolgt die Darstellung eines Videos auf zwei unterschiedlichen Endgeräten, beispielsweise einem TV-Gerät und einem Computersystem, ergibt sich durch unterschiedliche Geräteeigenschaften ein unterschiedlicher Bildeindruck.

Dies ist besonders in der Film- und Werbebranche ein großes Problem und Arbeitshindernis. Die Postproduktion „The Shack GmbH“ in Hamburg, bei der der Verfasser ein Praktikum absolvierte, produziert Werbefilme für seine Kunden. Dabei wird nicht ausschließlich für die Ausstrahlung im klassischen Fernsehen produziert, sondern aufgrund der technischen Entwicklung<sup>1</sup> immer mehr für die Veröffentlichung von Videos im Internet.

Die Zusammenarbeit zwischen einer Filmproduktion und einer Agentur ist durch die Verfügbarkeit schneller Internetverbindungen nicht mehr ortsgebunden. Der Kunde, beispielsweise eine Agentur, erhält ein von der Firma produziertes Video, über ein Netzwerk gesendet und schaut sich dieses auf einem beliebigen Computersystem an. Anhand dieser Darstellung wird nun festgestellt, dass eine Produktfarbe nicht dem Original entspricht. Hingegen lässt sich auf der Produktionshardware der Firma kein Fehler entdecken. Der Kunde ist dennoch unzufrieden und veranlasst die Postproduktion, die Farben zu ändern. Damit werden Entscheidungen über Qualität eines Videos durch Kunden getroffen, die auf der Basis einer Darstellung eines beliebigen Computersystems gründen. Somit wird nicht nur die Produktion, sondern auch das Endergebnis verfälscht.

Dies ist ein sehr spezifisches Problem bei der Zusammenarbeit von Agentur und Filmproduktion, dass sich aus der Darstellung von Videoinhalten auf Computersystemen ergibt. Auch der Verbraucher, also der letztendliche Rezipient eines Videos, schaut sich das Video auf einem beliebigen Endgerät an. Verlässt das Video das Produktionshaus und erreicht den Kunden, kann eine verlässliche Farbwiedergabe durch die Postproduktion nicht mehr gewährleistet werden kann. Doch wo liegt der Fehler? Beim Kunden oder doch bei der Postproduktion?

---

<sup>1</sup> Deloitte: *Wie hoch ist der Anteil der TV-Inhalte, die Sie online konsumieren?* In: Statista.de;

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Darstellung von Videoinhalten auf Computersystemen. Wie kann eine einheitliche Farbdarstellung eines Videos von der Produktion bis zum Kunden gewährleistet werden und welche Faktoren spielen bei der Darstellung von Farben eine besondere Rolle. Schnell teilt sich dabei das Problem in zwei Teilbereiche auf. Die Kunden auf der einen, die Postproduktion auf der anderen Seite. Beide Bereiche sind Gegenstand dieser Arbeit.

Der Aufbau dieser Arbeit orientiert sich dabei an dem Arbeitsabläufen der „The Shack GmbH“, die übliche Produktionsweise eines Videos für die Darstellung auf Computersystemen dient dabei als Grundlage.

Dabei wird zuerst ein Überblick über den Produktionsprozess wie auch dem Rezeptionsprozess eines Videos gewährt. Die Grundlagen zur Videoproduktion wie zur Rezeption von Videoinhalten durch den Menschen werden behandelt und Fehlerquellen in einzelnen Arbeitsschritten untersucht. In drei unterschiedlichen Tests wird analysiert, wie die Exporteinstellungen der verwendeten Programme und die Wahl des Abspielprogrammes Einfluss auf die Farbdarstellung eines Videos nimmt. Außerdem wird auf die Gestaltung von Fernseh-Normen und ihrer Vereinbarkeit mit der Computerwelt eingegangen. Abschließend werden differenzierte Vorgaben für die Produktion wie auch den Kunden entworfen, die als tägliche Arbeitsgrundlage dienen und unterschiedliche Farbwiedergaben und –wahrnehmungen minimieren sollen.

## 2 Farbmanagement eines Videos

Die im Folgenden beschriebene Problemstellung bezieht sich auf den Arbeitsablauf einer Werbefilm-Postproduktion. Eine Postproduktion ist eine Einrichtung, die Videos schneidet, Farben korrigiert und Sie für das finale Ausspielen auf einem Sendeweg bereitstellt. Sie ist somit das letzte Glied in einer langen Kette, die an der Produktion eines Videos teilhaben, bevor der Konsument das Video empfängt.

Das Farbmanagement soll es dabei ermöglichen, eine unverfälschte Farbwiedergabe eines Videos innerhalb eines Prozesses zu erreichen.<sup>2</sup> Dass dies aber nicht immer gegeben ist, erlebte der Verfasser auch während seiner Praktikumszeit in dem Unternehmen. Es kam vor, dass der Auftraggeber vorab eine Version des Videos erhielt. Dazu wurde das Video durch die Firma in einen für die Rezeption geeigneten Codec umgewandelt und über einen Server zum Download bereitgestellt. Der Kunde konnte nun dieses Video auf einem Endgerät betrachten. Dieses beschwerte sich nun bei der Postproduktion, dass der Farbeindruck im Video nicht so ist wie gewünscht. Die Postproduktion hat aber ein „farbrichtiges“ Video herausgegeben.

Warum sieht nun der Kunde nicht das, was die Postproduktion herausgegeben hat? Was beeinflusst eigentlich die Farbwiedergabe eines Videos? Und kann ein Farbmanagement mit dem Ziel der Farbhomogenität bis zum Kunden überhaupt gewährleistet werden?

Ein Überblick über den gesamten Produktionsprozess eines Videos macht deutlich, dass sich das Farbmanagement grundsätzlich in zwei Teilprobleme aufteilen lässt:

1. Farbmanagement im **Produktionsprozess** (Schnitt, Farbkorrektur und finales Ausspielen für einen bestimmten Sendeweg)
2. Farbmanagement beim **Betrachten des Videos**, im Folgenden „Rezeptionsprozess“ genannt (Wiedergabe auf einem Computersystem)

In jedem dieser Teilbereiche finden mehrere Arbeitsschritte statt, die Farben umwandeln und das allgemeine Erscheinungsbild eines Videos verändern.

---

<sup>2</sup> Vgl. Adobe Systems Inc.: *What is color management* in: Color management workflow in Adobe After Effects, [http://www.wimages.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/aftereffects/articles/color\\_management\\_workflow/ae\\_color\\_mgmt\\_wkflow.pdf](http://www.wimages.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/aftereffects/articles/color_management_workflow/ae_color_mgmt_wkflow.pdf) (Zugriff am 13.06.15)

## 2.1 Produktionsprozess eines Videos

Der Produktionsprozess eines Videos umfasst alle Arbeitsschritte, die zur Erstellung eines Videos benötigt werden. Der Workflow basiert dabei auf der Arbeitsweise des Unternehmens „The Shack GmbH“. Folgende Grafik stellt den Prozess zeitlich dar:

Produktionsprozess eines Videos anhand The Shack GmbH in Hamburg

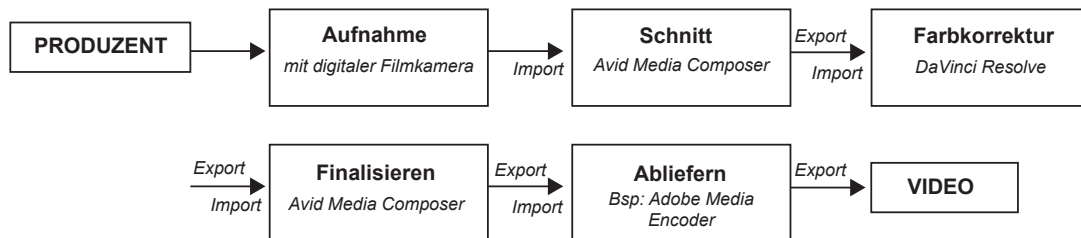


Abbildung 1: Produktionsprozess eines Videos, Quelle: eigene Darstellung

Der Produzent gibt zuerst die Produktion eines Videos in Auftrag. Die Aufnahme erfolgt mit einer digitalen Filmkamera wie einer Canon C300. Ist der Dreh abgeschlossen, wird das Material in ein Schnittprogramm wie Avid Media Composer importiert. Nach Abschluss des Schnittes, erfolgt ein Export in ein Farbkorrektur-System wie DaVinci Resolve. Sind auch hier die Arbeiten erledigt und die Farben des Videos entsprechend der Kundenwünsche angepasst und korrigiert, erfolgt ein erneuter Import des Videomaterials in das Schnittprogramm. Dort werden letzte Änderungen wie das Einfügen der finalen Tonspur vorgenommen. Erst im letzten Schritt, dem „Abliefern“ wird das Video für den Kunden in ein Format zum Anschauen exportiert.

Da davon auszugehen ist, dass die Abnahme (Finalisieren) dem vom Kunden gewünschten Farbeindruck entspricht, wird in der folgenden Arbeit nur der Prozess „Abliefern“ betrachtet. Das entspricht der Umwandlung des Videos in einen für die Rezeption auf verschiedenen Endgeräten geeigneten Formats.

## 2.2 Rezeptionsprozess

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Wiedergabe über ein Computersystem mit angeschlossenem Monitor betrachtet. Dabei kann die Wiedergabe eines Videos durch unterschiedliche Geräte, Software und Monitore erfolgen. Jede einzelne dieser Komponenten nimmt Einfluss auf die Farbdarstellung eines Videos.

Einzelne Schritte zur Wiedergabe eines Videos auf einem Computersystem

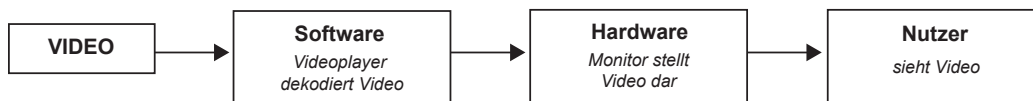


Abbildung 2: Rezeptionsprozess, Quelle: eigene Darstellung

Software, Hardware und der Nutzer beeinflussen die Farbwiedergabe, bzw. den Farbeindruck eines Videos. Das Video wird zuerst durch eine geeignete Software abgespielt, also dekodiert. Im Anschluss (Hardware), werden die Videodaten per Grafikkarte im Computersystem an den Monitor weitergegeben. Dieser stellt das Video für den Nutzer sichtbar dar. Auch beim Nutzer nimmt eine Vielzahl von Begebenheiten Einfluss auf den Farbeindruck. Nicht nur die räumliche Betrachtungssituation wie Umgebungslicht und Wandfarbe, ebenso die physiologischen Eigenschaften des Auges spielen eine Rolle.

Beispielsweise beeinflusst die Wahl des Videoplayers die Farbwiedergabe immens, wie ein einfacher Side-by-Side Vergleich beweist. Nachfolgendes Bild zeigt das gleiche Video in drei unterschiedlichen Videoplayern an. Vor allem im Bereich der Hauttöne sind große Unterschiede bei der Reproduktion von Farben zu erkennen.

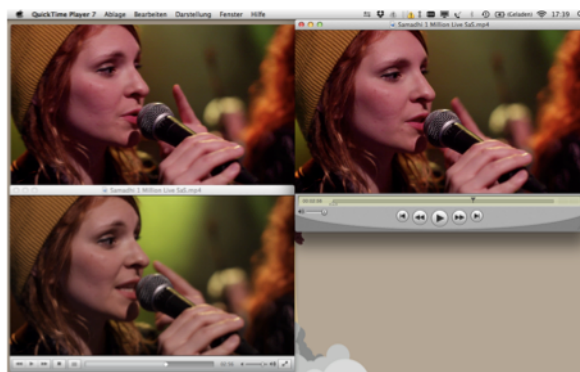


Abbildung 3: Videoplayer im Vergleich, Quelle: eigene Darstellung

---

In Kapitel 3 werden die Grundlagen der Videoproduktion wie auch der Rezeption von Videos erläutert. In Kapitel 4 und 5 wird anhand eines Referenzvideos ermittelt, welchen Einfluss die Faktoren des Produktions- wie Rezeptionsprozesses auf die Farbdarstellung eines Videos nehmen.

## 3 Grundlagen der Videoproduktion

Die Grundlagen der Videoproduktion lassen sich in technische und theoretische Themen aufteilen. Dazu zählt die zur Videoproduktion verwendete Hard- und Software, wie auch die Entstehung des menschlichen Farbempfindens. Im weiteren wird außerdem auf den Unterschied zwischen der Darstellung von Videomaterial auf Computer-Systemen und Fernsehgeräten eingegangen. Ebenso geeignete technische Hilfsmittel zur Farbbeurteilung werden vorgestellt.

### 3.1 Farben und Licht

#### 3.1.1 Der Aufbau des menschlichen Auges

Die Grundlage für Videosysteme ist die Physiologie des menschlichen Auges. Auch die Farbtheorie basiert letztlich auf dem natürlichen Aufbau des Auges, weshalb hier kurz die Besonderheiten des menschlichen Sehens erläutert werden sollen.

In der Netzhaut, die den gesamten inneren Bereich des Augapfels auskleidet, befinden sich zwei unterschiedliche Arten von Rezeptoren.<sup>3</sup> Helligkeitsempfindliche Stäbchen und farbempfindliche Zäpfchen. Der Mensch besitzt wesentlich mehr Stäbchen als Zäpfchen, weshalb Helligkeitsunterschiede besser wahrgenommen werden können als Farbunterschiede.<sup>4</sup> Die Zäpfchen unterscheiden sich wiederum in drei verschiedene Arten, die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeiten aufweisen und damit in der Lage sind, „Farben“ wahrzunehmen.<sup>5</sup>

- Rote Zäpfchen: reagieren auf rotes Licht
- Blaue Zäpfchen: reagieren auf blaues Licht
- Grüne Zäpfchen: reagieren auf grünes Licht

---

<sup>3</sup> Vgl. Leute, Ulrich: Optik für Medientechniker, 2011 S.72

<sup>4</sup> Vgl. Wagner, Patrick: Farbwahrnehmung in: ScanDig;  
<http://www.filmscanner.info/Farbwahrnehmung.html> (Zugriff am 13.06.15)

<sup>5</sup> Vgl. Leute, Ulrich: Optik für Medientechniker, 2011, S.72



Die additiven Farbsysteme, die zur Darstellung von Bildern auf Monitoren verwendet werden, arbeiten auf der Annahme, dass sich alle Farben aus den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau mischen lassen. So bestehen die einzelnen Bildpunkte (=Pixel) moderner LCD-Monitore aus jeweils einem roten, grünen und blauen Element.<sup>6</sup>

### 3.1.2 Was beeinflusst das menschliche Farbempfinden

Da nicht jeder Mensch gleich ist und es sich „[...]beim Auge um den Teil eines individuellen, lebendigen, gewachsenen und alternden Organismus handelt“<sup>7</sup>, wie Ulrich Leute berichtet, unterscheidet sich das Farbempfinden stark. Auch Ulrich Schmidt geht auf die menschlichen „Schwächen“ ein: „Die Farbwahrnehmung hängt stark von äußeren Umständen, wie anderen Farben in der Nähe, aber auch kulturellen Einflüssen oder der menschlichen Gefühlswelt ab.“<sup>8</sup>

#### Objektgröße beeinflusst Farbempfinden

Durch den Aufbau des Auges, ergibt sich in einem „relativ großen Sehfeld nur ein kleiner kreisförmiger Ausschnitt (Schärfetrichter) von etwa 1 bis 2 Grad Öffnungswinkel“<sup>9</sup>, der scharf gesehen werden kann. In diesem Fleck, auch Sehgrube genannt, befinden sich „fast alle der etwa 6,5 Millionen Zapfen, die auf verschiedene Lichtfarben und zudem noch auf Helligkeit reagieren können.“<sup>10</sup>

Damit ergibt sich, dass bei gleicher Objektfarbe „der Farbeindruck vom kleinen Objekt ein anderer als vom größeren ist“.<sup>11</sup> Ein kleines Objekt füllt nur den Teil der Netzhaut aus, in dem sich alle Zapfen befinden. Ist es größer, füllt ein Objekt auch Bereiche aus, wo Zapfen immer mehr durch Stäbchen ersetzt worden sind.<sup>12</sup> Somit ist die Wahl der Bildschirmgröße ein großes Entscheidungskriterium bei Beurteilung von Farben. In Normen wird dieser Umstand berücksichtigt. Die CIE, die Internationale

---

<sup>6</sup> Mietke, Detlef: *Vom Elektron zur Elektronik* in: Elektroniktutor.de, <http://elektroniktutor.de/technologien/tftlcd.html> (Zugriff am 13.06.15)

<sup>7</sup> Leute, Ulrich: *Optik für Medientechniker*, Leipzig, 2011, S.72

<sup>8</sup> Schmidt, Ulrich: in: *Professionelle Videotechnik*, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.72

<sup>9</sup> Heinen, Gerd: *AV-Medientechnik*, 2. Auflage, Haan-Gruiten, 2014, S.142

<sup>10</sup> s.o. S.143

<sup>11</sup> Leute, Ulrich: *Optik für Medientechniker*, Leipzig, 2011, S.73

<sup>12</sup> Vgl. Leute, Ulrich: *Optik für Medientechniker*, Leipzig, 2011, S.73

Beleuchtungskommission, hat daher 1964 den 2°-Normalbeobachter<sup>13</sup> und den 10°-Normalbeobachter<sup>14</sup> eingeführt.

### Helligkeit beeinflusst Farben

Da die Zapfen gegenüber dem Stäbchen sehr unempfindlich gegenüber Helligkeit reagieren (ca. um den Faktor 100)<sup>15</sup>, ist es uns nur bei ausreichender Helligkeit möglich, Farben zu sehen. Bei schwachen Helligkeitswerten übernehmen vollständig die Stäbchen das Sehen, Farben können dann nicht mehr unterschieden werden. Somit ist es für die Rezeption von Videoinhalten mit einer optimalen Farbwirkung von Nöten, ausreichend Helligkeit zur Verfügung zu stellen. Diese muss durch den Monitor und dem Umgebungslicht bereitgestellt werden. Die Helligkeit beeinflusst die Farben wie auch den objektiv vorhandenen Kontrast.<sup>16</sup> Dieser „Simultankontrast“ beschreibt die Wechselwirkung von nebeneinanderliegenden Farbflächen.<sup>17</sup>

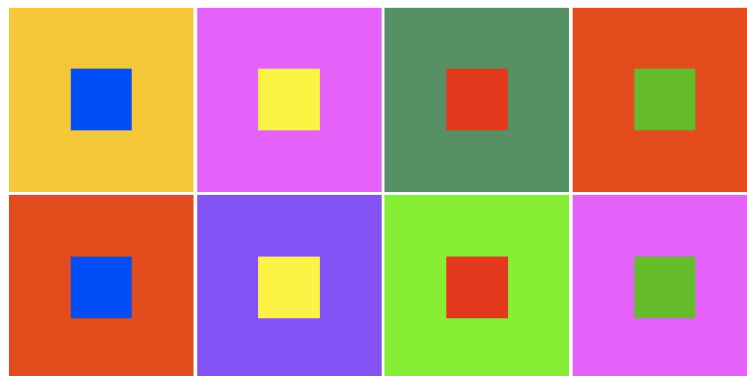


Abbildung 4: Simultankontraste, Quelle: Gaum, Stefan

Die Farben in dem kleinen Rechteck sind jeweils identisch, wirken aber durch die unterschiedlichen umschließenden Farben in ihrem gesehenen Farbeindruck

<sup>13</sup> 2°-Normalbeobachter: Ein rundes Objekt mit einem Durchmesser von 1,7cm wird in einer Entfernung von 50cm beobachtet. Dieses Objekt wird vollständig in der Sehgrube dargestellt.

<sup>14</sup> 10°-Normalbeobachter: Ein Objekt mit einem Durchmesser von 8,8cm wird auf eine Entfernung von 50cm beobachtet. Nun überdeckt das Netzhautbild auch Bereiche, wo Zapfen immer mehr durch Stäbchen ersetzt worden sind. (Vgl. Ulrich Leute: Optik für Medientechniker, Leipzig, 2011, S.73)

<sup>15</sup> Vgl. Leute, Ulrich: Optik für Medientechniker, Leipzig, 2011, S.75

<sup>16</sup> Vgl. Gaum, Stefan: *Simultan-Kontrast* in: Lehrerfortbildung-bw.de, <http://lehrerfortbildung-bw.de/kompetenzen/gestaltung/farbe/kontrast/simu-kon/> (Zugriff am 10.05.15)

<sup>17</sup> s.o.

verschieden. So ist auch die Wahl der dem Monitor umgebenden Wandfarbe entscheidend, da auch zwischen Monitor und Wand Wechselwirkungen im Form des Simultankontrastes auftreten können.

Die Adaption des menschlichen Auges an unterschiedliche Helligkeiten macht es möglich, sowohl im gleißenden Sonnenlicht wie auch bei Kerzenschein zu sehen.<sup>18</sup> Für diesen Adaptionszustand ist eine bestimmte Fläche des Gesichtsfeldes verantwortlich. Das Gesichtsfeld entspricht dem durch die Augen gleichzeitig sichtbaren Bereich. Das „deutliche Sehfeld“ ist der Teil, der scharf gesehen werden kann und im Zentrum der Wahrnehmung liegt. Folgendes Bild zeigt dieses Sehfeld ebenso wie die gesehen Größe eines normalen HDTV-Gerätes:

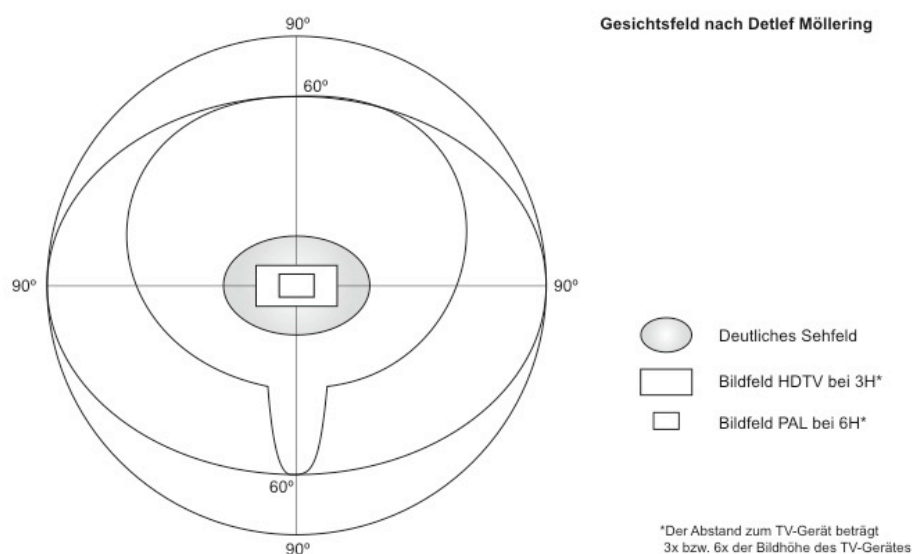


Abbildung 5: Gesichtsfeld, Quelle: eigene Darstellung, aus: Möllering, Detlef

Da ein Monitorbild oder TV-Gerät meist nicht die vollständige Fläche dieses deutlichen Sehfeldes einnimmt<sup>19</sup>, adaptiert das menschliche Auge die Empfindlichkeit auch anhand der Umfeldbeleuchtung. Daher ist die richtige Umfeldbeleuchtung sehr wichtig, um Farben nicht als zu hell oder zu dunkel (und damit die Kontraste im Bild)

<sup>18</sup> Vgl. Möllering, Detlef: Handbuch der professionellen Videoaufnahme, 2. Auflage, Essen, 1993, S.23

<sup>19</sup> Vgl. s.o. S.20

wahrzunehmen. Dabei sollte die Leuchtdichte des Umgebungslichtes laut Detlef Möllering etwa „ein Zehntel bis ein Fünftel der Bildschirmspitzenleuchtdichte betragen“<sup>20</sup>.

### 3.1.3 Farben

Die von einem normalsichtigen Menschen erkennbaren Farben wurden 1931 durch die Internationale Beleuchtungskommision (CIE)<sup>21</sup> bestimmt und in der Normfarbtafel festgehalten.

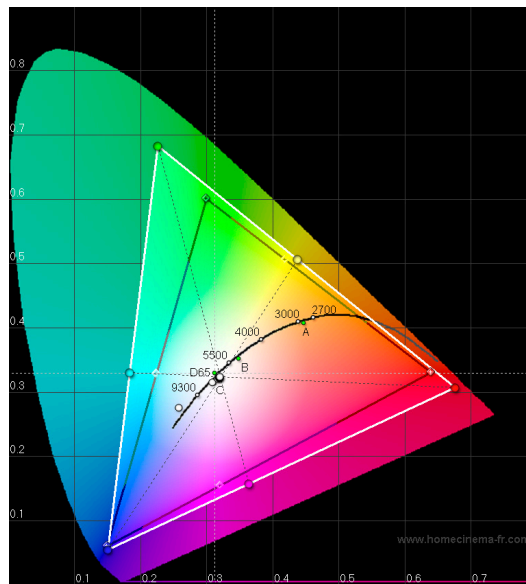


Abbildung 6: CIE-Normfarbtafel, Quelle: PRAD ProAdvisor GmbH & Co. KG

Diese Hufeisen-förmige Grafik stellt den Zusammenhang zwischen der menschlichen Farbwahrnehmung und dem auslösenden physikalischen Reiz dar.<sup>22</sup>

So war es erstmals möglich, jeder Farbe einen eindeutigen Zahlenwert zuzuweisen. Durch dieses Farbmodell ist es möglich, alle technischen Farbräume einfach miteinander zu vergleichen.

<sup>20</sup> Vgl. Möllering, Detlef: Handbuch der professionellen Videoaufnahme, 2. Auflage, Essen, 1993, S.23

<sup>21</sup> CIE: Commission Internationale d'Eclairage

<sup>22</sup> Infotip Service GmbH: *Farbräume und Farbmodelle* in: Kompendium.infotip.de, <http://kompendium.infotip.de/farbraeume-und-farbmodelle.html> (Zugriff am 09.06.15)

### 3.1.4 Farbräume

Dabei ist der Farbraum „als die Menge an Farben definiert, die von Peripheriegeräten - von Eingabe- als auch von Ausgabegeräten - erkannt bzw. dargestellt“<sup>23</sup> werden kann. Farbräume und die dazugehörigen Standards sind für die Filmindustrie von immenser Bedeutung. Denn nur mit ihnen kann Farbhomogenität innerhalb von Produktionen gewährleistet werden. Schließlich soll am Ende der Zuschauer bzw. der Kunde das Video so sehen, wie es sich der Filmemacher vorgestellt hat.<sup>24</sup>

Grundsätzlich lassen sich Farbräume in additive und subtraktive Farbräume einteilen. Additive Systeme arbeiten durch Hinzufügen unterschiedlicher Farben zu einem gemeinsamen Farbreiz.<sup>25</sup> Dieser basiert auf dem menschlichen Empfinden und wird daher auch physiologische Farbmischung genannt. Hingegen bezeichnet ein subtraktives Farbsystem einen reinen physikalischen Vorgang. In der Regel bauen die Farbräume dabei auf drei Primärfarben auf.<sup>26</sup> Während die additiven Systeme vor allem in der Videotechnik Einsatz finden, basiert beispielsweise die Drucktechnik auf den subtraktiven Farbräumen.

#### RGB-Farbraum

Der menschlichen Physiologie am nächsten kommt dabei der RGB-Farbraum, der durch die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau entsteht.<sup>27</sup> Die Koordinaten der Primärfarben sind genau definiert. Trägt man die drei Punkte in das CIE-Farbmodell ein und verbindet diese drei Punkte mit einer Linie, erhält man das in der Abbildung 6 zu sehende Dreieck, das den Farbumfang des Farbraumes visuell darstellt.<sup>28</sup>

Der sRGB<sup>29</sup>-Standard wird zur Darstellung von Inhalten auf Computermonitoren verwendet. Dieser Farbraum wurde 1996 auf Bemühen der Firmen Hewlett-Packard und

---

<sup>23</sup> Lipinski, Klaus: *Farbraum* in: ITwissen.info,

<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Farbraum-color-space.html> (Zugriff am 10.05.15)

<sup>24</sup> Vgl. Burosch, Klaus: *So entsteht ein Farbraum* in: Burosch.de,

<http://burosch.de/technik/395-farbraum.html> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>25</sup> Vgl. Leute, Ulrich: *Optik für Medientechniker*, Leipzig, 2011, S. 77

<sup>26</sup> Vgl. Burosch, Klaus: *So entsteht ein Farbraum* in: Burosch.de,

<http://burosch.de/technik/395-farbraum.html> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>27</sup> Infotip Service GmbH: *Farbräume und Farbmodelle*; Kompendium.infotip.de

<http://kompendium.infotip.de/farbraeume-und-farbmodelle.html> (Zugriff am 09.06.15)

<sup>28</sup> Vgl. Strutz, Tilo: *Der RGB-Farbraum* in: *Bilddatenkompression*, 4. Auflage, Wiesbaden, 2009, S.179

<sup>29</sup> sRGB = Standard RGB

Microsoft entwickelt<sup>30</sup> und sollte gewährleisten, dass alle Computer bei gleichen Farbwerten auch tatsächlich die gleichen Farbwerte anzeigen.

### YCbCr-Farbraum

Der Farbraum zur Übertragung von HD-Videomaterial entscheidet sich grundlegend von dem Darstellungs-Farbraum RGB. Anders als der Farbraum RGB werden die Farbwerte nicht über Rot, Grün und Blau definiert, sondern in einem Helligkeitssignal (Y) und zwei Farbdifferenzsignalen (Cb & Cr) aufgeteilt.<sup>31</sup>

Die getrennte Übertragung von Farb- und Helligkeitsinformation ermöglicht es, die Schwachstellen der menschlichen Wahrnehmung gezielt auszunutzen. Da Helligkeitsunterschiede durch den Menschen wesentlich besser wahrgenommen werden, wird der Y-Kanal mit voller Bandbreite, das heißt mit der gesamten zur Verfügung stehenden Kapazität eines Sendeweges übertragen. Die beiden Farbdifferenzsignale Cb und Cr jedoch nur mit halber Bandbreite.<sup>32</sup> So lassen sich Einsparungen bei der Übertragung realisieren, ohne dass der augenscheinliche Verlust an Farbinformation wahrnehmbar wäre.

## 3.2 Monitore

Bildwiedergabegeräte, auch Monitore genannt, „dienen zur Rekonstruktion des auf der Aufnahmeseite erzeugten Bildes“.<sup>33</sup> Sie wandeln ein elektrisches Videosignal in sichtbares Licht um und sind so die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine (Computer bzw. Videoabspielgerät). Ihre technische Qualität und die richtige „Bespielung“ des Monitors sind entscheidend für eine unverfälschte Farbwiedergabe. Dabei lassen sich Monitore anhand ihrer Funktionsweise und ihres Einsatzgebietes untergliedern.

---

<sup>30</sup> Stokes, Michael: *A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB* in: W3.org, <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB>, erstmals veröffentlicht, 1996 (Zugriff am 14.05.15)

<sup>31</sup> Vgl. Ford, Adrian: *YIQ, YUV, YCbCr, YCC* in: *Colour Space Conversions* (PDF), 1998, S.6 <http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf> (Zugriff am 14.05.15)

<sup>32</sup> Vgl. ITU: *Active Number of samples per Line* in: Rec. ITU-R BT.709-4, Geneva, 2000, S. 12

<sup>33</sup> Vgl. s.o. S.460

Während bei Produktionsmonitoren genau einzuhaltende Standards in der EBU Tech 3320 3.0<sup>34</sup> festgehalten sind, ist bei Konsumentenmonitoren keine Homogenität festzustellen.

### 3.2.1 Monitortechnologien

#### CRT-Monitor

Die Wiedergabe per Kathodenstrahl-Röhre (CRT), auch Braunsche Röhre genannt, ist das „klassische“ Display. Dabei wird ein Elektronenstrahl auf eine Leuchtschicht gelenkt, die so zur Emittierung von sichtbarem Licht angeregt wird. Die zur Erzeugung von Licht benötigte Spannung ist keine lineare Funktion zur Leuchtdichte, sondern beschreibt eine Exponentialfunktion. Diese Steuerkennlinie der Bildröhre führte zu der unter 3.3.3 erklärten Entwicklung der Gammavorentzerrung innerhalb der Kamera.

Seit dem Jahre 2000<sup>35</sup> werden CRT-Monitore aufgrund ihrer Größe und ihrem Gewicht immer mehr von flachen Displays mit LCD- oder Plasmatechnologie verdrängt. Alle in dieser Arbeit durchgeführten Tests fanden auf LCD-Monitoren statt.

#### LCD-Monitor

LCD, Liquid Chrystal Displays, oder auch Flüssigkristall-Display basieren auf einem grundlegend anderem Funktionsprinzip. Eine Pixelanordnung dunkelt eine Hintergrundbeleuchtung mehr oder weniger ab. Dabei beruht die Abdunkelung auf den Eigenschaften von polarisiertem Licht, d.h. „Licht dessen elektrischer Feldvektor stets in einer einzigen Ebene schwingt“.<sup>36</sup> Die Hintergrundbeleuchtung wird meist von Leuchtstoffröhren, sogenannten CCFL<sup>37</sup> realisiert, die an der Seite des Displays montiert sind. Über Kunststoffflächen wird das Licht über die gesamte Fläche verteilt.<sup>38</sup> In modernen Displays finden sich auch LEDs<sup>39</sup> als Hintergrundbeleuchtung, die aufgrund ihrer längeren Lebensdauer eine über die Zeit gleichmäßigere Leuchtdichte gewährleisten

---

<sup>34</sup> EBU: EBU Tech 3320, 3. Auflage, 2014,

<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3320.pdf> (Zugriff am 14.05.15)

<sup>35</sup> Vgl. Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.483

<sup>36</sup> s.o. S.470

<sup>37</sup> CCFL = Cold cathode fluorescent lamps

<sup>38</sup> Vgl. Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.476

<sup>39</sup> LED = light emitting diode

können. LCD-Monitore basieren auf dem Prinzip der additiven Farbmischung, ein Bildpunkt besteht immer aus drei farbigen Pixeln.<sup>40</sup> Die Steuerkennlinie (Gammakurve) eines LCD-Displays, stimmt aufgrund der Technik nicht mit dem eines CRT-Monitors überein. Zur korrekten Wiedergabe von Videos muss daher das Verhalten der alten CRT-Monitore imitiert werden. Mit Hilfe von Umsetzungstabellen, Look Up Tables, werden die Werte zur Darstellung auf dem Display angepasst.<sup>41</sup>

Dies geschieht bei dem Zusammenspiel von Computern und angeschlossenen Monitoren am Ausgang der Grafikkarte. Diese LUTs werden ICC-Profile genannt und können über eine Profilierung seitens der Betriebssystem-Software eingestellt werden.

### 3.2.2 Produktionsmonitore

#### Videomonitore

Für die Darstellung von Videomaterial innerhalb einer Produktion werden heutzutage hochwertige LCD-Monitore verwendet. Dabei gibt es durch die EBU genaue Vorschriften, die die technischen Parameter für Monitore in TV-Produktionen festlegen. Dabei werden Monitore in drei verschiedene Kategorien unterteilt:

- Grade 1: Monitore zur technischen Beurteilung des Videosignals mit bestmöglicher Darstellung
- Grade 2: Monitor mit ähnlicher Qualität wie Grade 1, größere Toleranzen erlaubt
- Grade 3: Monitore zur einfachen Betrachtung, eingesetzt beispielsweise in einer Sprecherkabine<sup>42</sup>

Die Gammakurve der Monitore wird mit einem Exponenten von 2,4 festgelegt. Dieser Wert beruht auf der Annahme, dass Konsumenten die Videoinhalte in einer dunklen TV-Umgebung, wie dem heimischen Wohnzimmer darstellen.<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> Vgl. Webers, Johannes: Handbuch der Film & Videotechnik, 8. Auflage, Poing, 2007, S.262

<sup>41</sup> Vgl. Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.472

<sup>42</sup> EBU: *Definition of a Grade 1 Monitor* in: User Requirements for video monitors in television productions, Tech 3320, Geneva, 2014, S. 5-6

<sup>43</sup> s.o. S.9



## Waveformmonitor/Oszilloskop

Zur Beurteilung von der Helligkeitsverteilung im Bild und der korrekten Quantisierung ist ein Waveformmonitor unabdingbar. Diese Kontrollgeräte basieren ebenso wie CRT-Bildschirme auf der Braunschen Röhre, sind heutzutage aber auch in einer digitalen Variante zu erstehen und sind softwareseitig in Schnittprogramme implementiert.<sup>44</sup>



Abbildung 7: WFM5200 Waveform Monitor, Quelle: Tektronic Inc.

Auf dem Monitor wird immer nur ein Frame (1=Bild) angezeigt. Auf der x-Achse wird das Signal nach der Zeit, die Spannung an der y-Achse eingetragen.<sup>45</sup> Die Signalamplitude gibt Ausschluss über die Helligkeitsverteilungen im Bild.<sup>46</sup> Dabei entsprechen die Schwarzwerte der unteren Kante, Weiß entspricht der Oberkante des Graphen.<sup>47</sup> In den in Kapitel 4 durchgeführten Tests wird die Darstellung benutzt, um Änderungen in der Kodierung der Bildinhalte festzustellen. Anstatt der Spannung in Volt, sind an der y-Achse im programminternen Waveformmonitor von Avid Media Composer die digitalen Bitwerte von 0 bis 255 eingetragen. Avid Media Composer arbeitet im Rec.709-Farbraum (wie in Kap. 3.1.3 beschrieben). In diesem Farbraum sind nur Werte in „Studio-range“ (16 bis 235) zulässig, deshalb werden alle Helligkeitsbereiche, die über diesen Werten liegen, als weiß markiert.<sup>48</sup> Die Bezeichnung der „Range“ wird gesondert in Kapitel 3.3 behandelt.

---

<sup>44</sup> Tektronix Inc.: *WFM5200 Waveform Monitor* in: Tek.com

<http://www.tek.com/waveform-monitor/wfm5200> (Zugriff am 13.05.15)

<sup>45</sup> Vgl. Webers, Johannes: *Handbuch der Film & Videotechnik*, 8. Auflage, Poing, 2007, S. 244

<sup>46</sup> Avid Technology, Inc.: *Avid Symphony Effects and Color Correction Guide*, 2012, S.846

<sup>47</sup> Vgl. Hurkman, Alexis Van: *Color Correction Handbook*, 2. Ausgabe, 2014, USA

<sup>48</sup> Avid Technology, Inc.: *Symphony Effects and Color Correction Guide*, 2012, S.889

## Vektorskope

Das Vektorskope ermöglicht gegenüber dem Waveformmonitor die Beurteilung der Farben eines Videosignals.<sup>49</sup> Es werden keine Helligkeitsinformationen angezeigt. Der Punkt in der Mitte stellt dabei den Unbuntpunkt dar, Schwarz und Weiß (und alle Zwischenstufen) liegen in diesem Punkt. Der Abstand der einzelnen Punkte vom Mittelpunkt des Koordinatensystems gibt Aufschluss über die Farbsättigung, die Winkellage beschreibt die Farbart.<sup>50</sup>

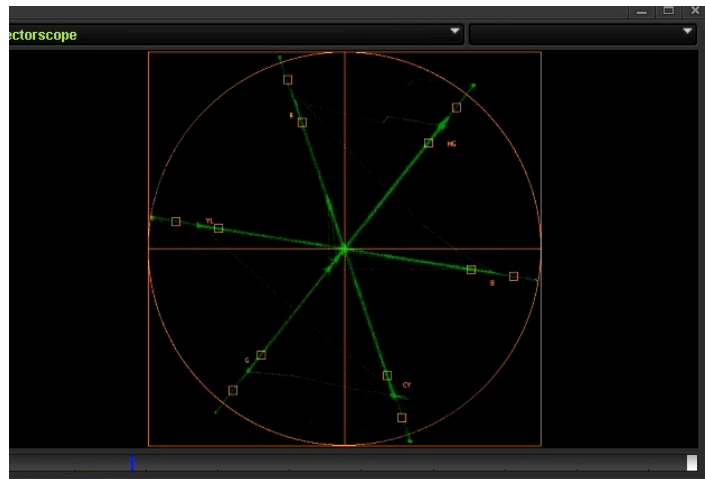


Abbildung 8: Vektorskope in Avid Media Composer, Quelle: eigene Darstellung

Üblicherweise vereinen moderne Geräte beide Funktionen in einem Gehäuse, ebenso wie der in Abbildung 7 dargestellte Waveform-Monitor von Tektronic. Auch softwareseitig ist dieses Messgerät im Schnittprogramm Avid Media Composer implementiert.

### 3.2.3 Konsumenten-Monitore

Monitore bei einem Computersystem basieren häufig auf der LCD-Technik. Da es nicht wie in der Produktion genau einzuhaltende Grenzwerte gibt, unterscheiden sich die Geräte von Hersteller zu Hersteller. Bauartbedingt kann es dadurch zu Farbverfälschungen und Helligkeitsunterschieden kommen. Mit zunehmenden Alter des Monitors,

---

<sup>49</sup> Vgl. Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.112

<sup>50</sup> Vgl. Webers, Johannes: Handbuch der Film & Videotechnik, 8. Auflage, Poing, 2007, S. 247

kann die Leuchtkraft der Hintergrundbeleuchtung nachlassen.<sup>51</sup> Auch dies hat Einfluss auf die Farbdarstellung eines Monitors.

Da Computermonitore häufig in einer Büro-Umgebung verwendet werden und sich die Betrachtungssituation maßgeblich von einer Wohnzimmer-Umgebung unterscheidet, wird laut dem sRGB-Standard ein Display-Gamma von 2,2 verwendet.<sup>52</sup> Dies soll die unterschiedlichen Raumsituationen kompensieren und das Erscheinungsbild ein und desselben Bildes gleich halten.

### 3.2.4 Kalibrierung & Profilierung

Gerätefehler sind Alters- oder Bauartbedingt nicht zu vermeiden. Da Monitore die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine darstellen, haben Gerätefehler großen Einfluss auf die Farbdarstellung. Eine Kalibrierung ist daher von großer Wichtigkeit, um eine sinnvolle Bildbearbeitung und –wiedergabe zu ermöglichen.<sup>53</sup>

Der Begriff Kalibrierung bezeichnet dabei den Prozess, einen Monitor in einen fest definierten „Grundzustand“ zu setzen.<sup>54</sup> Dazu zählen die Einstellung der Helligkeit und des Kontrastes per Regler am Monitor und die Einstellung des Gamma-Wertes. Im zweiten Schritt, der Profilierung, werden die spezifischen Eigenschaften eines Monitors vermessen und als ICC-Profil hinterlegt.<sup>55</sup> Die Funktionsweise ist dabei relativ simpel. Ein standardmäßiges Grün wird auf einem Monitor dargestellt. Da dieser aufgrund seiner Bauform das Grün nicht korrekt anzeigt, wird der spezifische Bitwert so weit geändert, dass er der Originalfarbe entspricht.

---

<sup>51</sup> Schelhorn, Mike: *Monitorkalibration Teil 1* in: Digitalkamera.de, [http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Monitorkalibration\\_Teil\\_1\\_\\_generelle\\_Tipps/3476.aspx](http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Monitorkalibration_Teil_1__generelle_Tipps/3476.aspx) (Zugriff am 03.06.15)

<sup>52</sup> Stokes, Michael: *A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB* in: W3.org, <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB> (Zugriff am 31.05.15)

<sup>53</sup> Vgl. Schlicht, Hans-Jürgen: *Bildverarbeitung digital • Scanner • Drucker • Video • Multimedia* unter Windows, 2. Auflage, Bonn, 1995, S.185

<sup>54</sup> Vgl. McHugh, Sean: *Monitor calibration for photography* in: Cambridgeincolour.com, <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/monitor-calibration.htm> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>55</sup> Beitinger, Andreas: *Kalibrierung und Profilierung – der große Unterschied* in: Fotovideotec.de, [http://fotovideotec.de/kalibrierung/kalibrierung\\_profilierung\\_unterschied.html](http://fotovideotec.de/kalibrierung/kalibrierung_profilierung_unterschied.html) (Zugriff am 23.05.15)

## Funktionsweise LUT am Ausgang der Grafikkarte

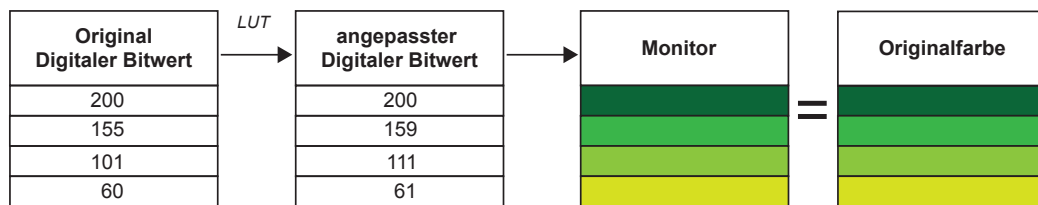


Abbildung 9: LUT-Umrechnung, Quelle: eigene Darstellung, aus: McHugh, Sean

Diese Werte werden in einer Tabelle abgespeichert, sodass bei der Bilddarstellung durch die Grafikkarte keine aufwendigen Umrechnungen mehr stattfinden müssen. Dadurch beschleunigt sich der Prozess der Bilddarstellung enorm.<sup>56</sup>

Die ICC, das International Color Consortium entwickelte dafür mit den ICC-Profilen ein plattformübergreifendes Geräteprofilformat.<sup>57</sup> Das Betriebssystem Mac OSX ermöglicht dem Nutzer mit dem Tool „Kalibrierungsassistent“<sup>58</sup>, per „Augenmaß“ ein Profil zu erstellen. Auch Windows bietet über die Systemeinstellung die Möglichkeit, ein angeschlossenes Display am Computer zu kalibrieren. Fehler sind hier aber vorprogrammiert, da eine visuelle Kalibrierung nicht mit der Präzision von spezieller Hardware mithalten kann.<sup>59</sup>

Professionelle Lösungen, die die Kalibrierung per Hardware vornehmen, sind dabei zu bevorzugen. Dabei bieten unterschiedliche Hersteller eine Vielzahl an Geräten an, wie Datacolor mit dem Spyder5Pro<sup>60</sup> oder X-Rite mit dem ColorMunki Display<sup>61</sup>. Diese ge-  
richteten Geräte werden auf dem Bildschirm montiert. Eine spezielle Software stellt nun nacheinander unterschiedliche Farben dar. Der gemessene Wert wird mit einem Sollwert verglichen und in dem ICC-Profil festgehalten. Diese Tools sind aufgrund des Preises auch für Endkunden geeignet.

<sup>56</sup> Vgl. Schlicht, Hans-Jürgen: Bildverarbeitung digital • Scanner • Drucker • Video • Multimedia unter Windows, 2. Auflage, Bonn, 1995, S.191

<sup>57</sup> Vgl. Peter A. Henning: Taschenbuch Multimedia, 4. Auflage, 2007, München, S.88

<sup>58</sup> Mac OSX Lion: Der Kalibrierungsassistent ist zu finden in den „Systemeinstellungen“, „Monitore“, „Farben“ und „Kalibrieren“

<sup>59</sup> Beitinger, Andreas: *Geht es auch ohne eigenes Farbmessgerät?* in: Fotovideotec.de, [http://fotovideotec.de/kalibrierung/ohne\\_eigenes\\_farbmessgeraet.html](http://fotovideotec.de/kalibrierung/ohne_eigenes_farbmessgeraet.html) (Zugriff am 23.05.15)

<sup>60</sup> Datacolor: *Spyder5Pro* in: Datacolor.de, <http://spyder.datacolor.com/portfolio-view/spyder5pro/> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>61</sup> X-Rite: *ColorMunki Display* in: Xrite.com, <http://www.xrite.com/colormunki-display> (Zugriff am 23.05.15)

## 3.3 Digitales HD-Video

### 3.3.1 Quantisierung

Ein digitales Video besteht aus digitalen Signalen und damit aus einer Folge von Zahlenwerten mit den Werten 0 und 1.<sup>62</sup> Für ein Video bedeutet das folgendes: Eine Filmszene, beispielsweise der Farbverlauf eines Regenbogens, muss abgespeichert werden. Die unendliche Anzahl an möglichen Werten dieses kontinuierlich verlaufenden Signals, muss in eine endliche Anzahl an Farbwerten übertragen werden.<sup>63</sup> Dieser Vorgang nennt sich Quantisierung. Auf Aufnahme- und Wiedergabe-Seite der Videotechnik, beispielsweise in der Kamera, kann dies mit 8, 10, 12 oder 16 Bit pro Kanal erfolgen. Je höher die Bittiefe, desto feiner können Farbabstufungen dargestellt werden. Auch Quantisierungsfehler, die bei zu kleiner Bittiefe entstehen, können durch höhere Werte vermieden werden.<sup>64</sup> Bei 8 Bit pro Kanal wird ein Eingangssignal mit  $2^8=256$  Werten quantisiert. Bei 10 Bit stehen dem Eingangssignal schon  $2^{10}=1024$  Werte zur Verfügung.<sup>65</sup>

Bei Computergrafiken und der Darstellung auf einem Display, geschieht dies mit einer Datenbreite von 8 Bit je Farbkanal RGB. Das heißt, jedem Farbkanal (Rot, Grün, Blau) stehen 256 Werte zur Verfügung. 256 verschiedene Helligkeiten, die ein Pixel<sup>66</sup> annehmen kann.

Nun gibt es einen fundamentalen Unterschied zwischen TV-Welt und Computer-Welt. Das Verhältnis von kleinstem zu größtem annehmbaren Wert wird auch als „Range“ bezeichnet.<sup>67</sup> Während bei Computern und die Darstellung von Grafiken einem Maximalen Weiß der Bitwert „255“ und Maximalen Schwarz der Bitwert „0“ zugewiesen wird, wird bei digitalen HDTV-Produktionen nicht der volle Umfang genutzt.

Im standardmäßigen Farbraum Rec.709 für HD-Produktionen, wird bei einer 8-Bit-Quantisierung das Maximale Schwarz dem Wert 235 zugewiesen. Das Maximale Weiß

---

<sup>62</sup> Vgl. Heinen, Gerd: AV-Medientechnik, 2. Auflage, Haan-Gruiten, 2014, S.46

<sup>63</sup> Vgl. Duden: *Quantisierung* in: Duden.de,

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Quantisierung> (Zugriff am 13.05.15)

<sup>64</sup> Vgl. Weber, Johannes: Handbuch der Film & Videotechnik, 8. Auflage, Poing, 2007, S.168

<sup>65</sup> Vgl. Stump, David: Digital Cinematography, Burlington MA, 2014, S.6

<sup>66</sup> Pixel = Bildpunkt

<sup>67</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD; 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.41

dem Wert 16. Das hat historische Gründe und wurde 1984 von der ITU in der BT.601<sup>68</sup> festgelegt, da die anderen Bitwerte zur Synchronisation bei der Übertragung verwendet wurden.

Werden alle Bitwerte zur Kodierung von Farb- und Helligkeitsinformation genutzt, wird das auch als „Full-range“ (oder „full-swing“)<sup>69</sup> bezeichnet. HD-Produktionen arbeiten hingegen in der „Studio-range“. Dieser Unterschied ist ein Grund, warum es bei der Darstellung von Videoinhalten auf PC-Systemen zu Problemen kommen kann. Wird eine Video mit einer „Studio-range“ unverändert auf einem PC-System mit „Full-range“ angezeigt, wird das Bild flau und verliert an Kontrast, da der Bitwert 235 einem hellen Grau und der Bitwert 16 einem helleren Schwarz entspricht. In einem korrekt kalibrierten Fernsehgerät hingegen, entspricht der Bitwert 235 maximalem Weiß und der Bitwert 16 maximalen Schwarz.

### 3.3.2 Lineare Encodierung von Helligkeit

Um nun die Helligkeit innerhalb eines Bildes zu übertragen, stehen dem Video bei einer 8 Bit-Encodierung theoretisch 255 Werte zur Verfügung. Erfolgt der Zusammenhang zwischen der relativen Szenenhelligkeit mit Werten von 0 bis 1 und den zugehörigen Codewerten linear, ergibt sich folgendes Bild:

	Schwarz	50 % Grau	Weiß
	----- -----		
<b>relative Szenenhelligkeit</b>	0	0,5	1
<b>digitaler Codewert</b>	0	128	255
<b>digitaler Codewert</b>	0	512	1023

Abbildung 10: Lineare Encodierung, Quelle: eigene Darstellung, aus: Stump, David

<sup>68</sup> ITU: Rec. ITU-R BT601.4, 1994, S.12

<sup>69</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD; 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.41

Wird die relative Helligkeit in einer Szene verdoppelt, beispielsweise von 0,5 auf 1, stehen der Enkodierung dieses Teils 127 Codewerte zur Verfügung. Verdoppelt sich die Helligkeit in dunklen Teilen der Szene, wie von 0,0625 auf 0,125 stehen der Enkodierung hier nur 16 Codewerte zur Verfügung.<sup>70</sup>

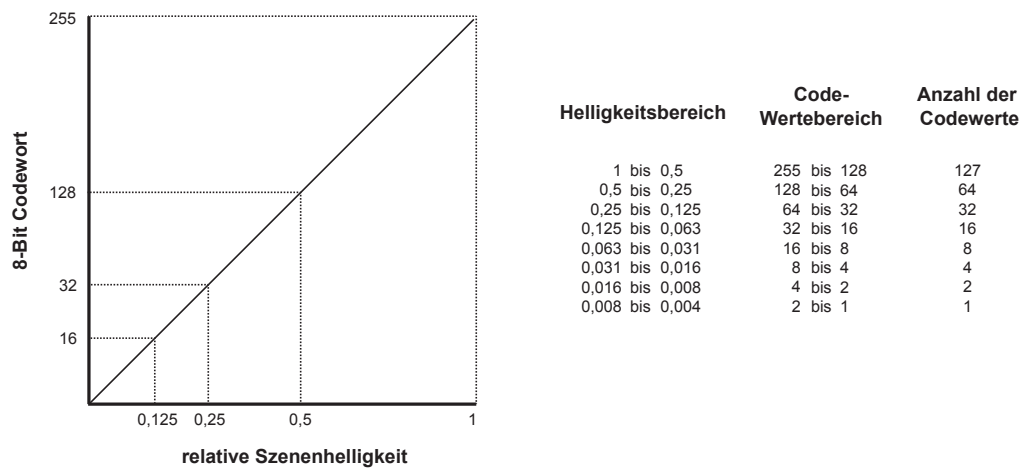


Abbildung 11: Lineare Enkodierung 8 Bit, Quelle: eigene Darstellung, aus Stump, David

Für die Wiedergabe einer natürlichen Szene mit einer linearen Enkodierung ergibt sich daraus folgendes Problem: Der Mensch reagiert sehr empfindlich auf Helligkeitsunterschiede, vor allem in dunklen Teilen einer Szene. Da aber eine Verdoppelung der Helligkeit gerade in dunklen Bildszenen nur von sehr wenigen unterschiedlichen Bitwerten dargestellt werden kann, würde sogenanntes „Banding“ entstehen.<sup>71</sup> Anstatt feiner Graustufungen um einen feinen, nicht sichtbaren Übergang zu ermöglichen, lassen sich einzelne Abschnitte erkennen.

<sup>70</sup> Vgl. Stump, David: Digital Cinematography, Burlington MA, 2014, S.10

<sup>71</sup> Vgl. Johnson, Tom: *What is Color Banding* in: Ehow.com, [http://www.ehow.com/facts\\_7521940\\_color-banding.html](http://www.ehow.com/facts_7521940_color-banding.html) (Zugriff am 21.05.15)



Abbildung 12: Banding, Quelle: eigene Darstellung

Im Fall des Regenbogens ergebe sich in dunklen Bereichen kein kontinuierlicher Farbverlauf, sondern eine Wiedergabe in sichtbar abgegrenzten Streifen. Um das Entstehen dieses ungewünschten Artefaktes zu vermeiden, lässt sich die Bittiefe von 8 auf 10, 12 oder 16 Bit erhöhen. Dies erhöht aber ebenso den Speicherverbrauch und die Übertragungsraten, was in der Distribution von Videoinhalten ungewünscht ist. Der Grund für die Entwicklung von „Gamma“.

### 3.3.3 Gamma

Der griechische Buchstabe „Gamma“ repräsentiert in der Videotechnik eine Zahl, mit der ein Bild multipliziert werden muss, um richtig wiedergegeben zu werden.<sup>72</sup> Eine genauere Definition stellt Charles Poynton auf:

„In photography, video and computergraphics, the *gamma* symbol ( $\Upsilon$ ) represents a numerical parameter that estimates, in a single numerical parameter, the exponent of the assumed power function that maps from code (pixel) value to tristimulus value.“<sup>73</sup>

Im deutschen Sprachgebrauch und der Videotechnik steht das Gamma als Kurzbezeichnung für die Gamma-Korrektur. Dabei muss nach Michael Stokes zwischen verschiedenen Gammawerten unterschieden werden:

---

<sup>72</sup> Vgl. Stump, David: Digital Cinematography, Burlington MA, 2014, S.11

<sup>73</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.315



- Kamera-Gamma: beschreibt die Exponentialfunktion auf der Aufnahmeseite (Implementation in der Kamera)<sup>74</sup>
- CRT-Gamma: Das Monitorgamma einer physischen Braunschen Röhre
- LUT-Gamma: Das Gamma einer Lookup-Table beispielsweise am Ausgang einer Grafikkarte
- Monitor-Gamma: entspricht der Multiplikation von CRT-Gamma und LUT-Gamma; Für die Betrachtung in dieser Arbeit entspricht das Monitor-Gamma dem Gamma Exponenten auf der Wiedergabeseite durch einen LCD-Monitor
- Sicht-Gamma (oder: System-Gamma): entspricht der Multiplikation von Kamera-Gamma und Monitor-Gamma. In Charles Poyntons Buch auch als „End-to-end exponent“ bezeichnet<sup>75</sup>

Um das „Gamma“ nun in Zusammenhang mit der Quantisierung und der Darstellung auf Computermonitoren zu bringen, nochmal ein kleiner Exkurs zur menschlichen Wahrnehmung der Umwelt.

Das menschliche Auge empfindet einen Helligkeitsanstieg nicht linear. Das Helligkeitsempfinden entspricht einer 0.42 Exponentialfunktion zur relativen Leuchtdichte.<sup>76</sup>

D.h. derselbe relative Anstieg in den dunkleren Regionen eines Bildes wird wesentlich stärker wahrgenommen, als ein gleicher relativer Anstieg der Leuchtdichte in hellen Bildregionen. Auch eine Bildröhre arbeitet nicht linear, die erzeugte Leuchtdichte auf dem Bildschirm ist eine nichtlineare Funktion des Spannungsanstieges.<sup>77</sup>

Damit ein Bild gemäß des Helligkeitsempfinden als „richtig“ empfunden wird, müssen das Gamma des Bildes bei der Aufnahme (Kamera-Gamma) reziprok zum Gamma des Monitor (Monitor-Gamma) sein.

---

<sup>74</sup> Stokes, Michael: *A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB* in: W3.org, <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB>, erstmals veröffentlicht 1996 (Zugriff am 14.05.15)

<sup>75</sup> Vgl. Poynton, Charles: *Digital Video and HD*, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.119

<sup>76</sup> Vgl. s.o. S.315

<sup>77</sup> Vgl. s.o.

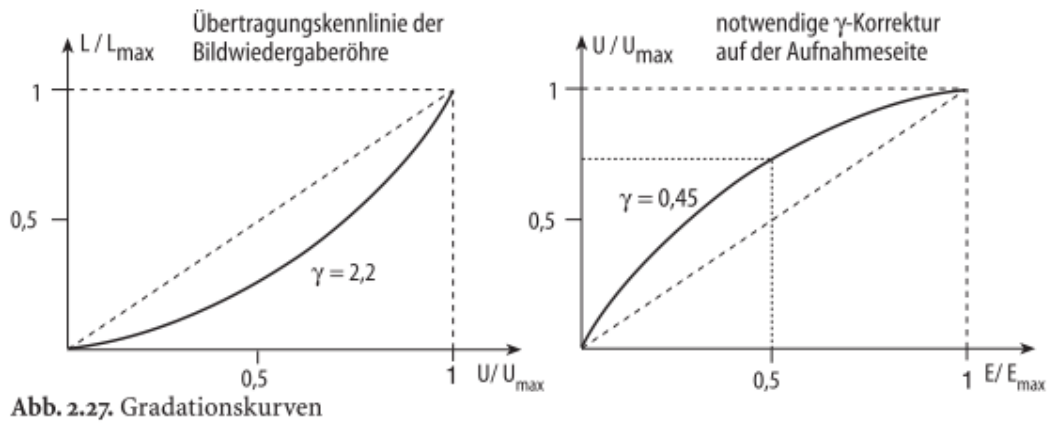


Abbildung 13: Gammakorrektur, Quelle: Schmidt, Ulrich

Da diese Nichtlinearität der Bildröhre eine genaue Inverse des menschlichen Helligkeitsempfinden ist, ist ein erstaunlicher Zufall in der Entwicklung der Videoinformationstechnik. Das hatte in der Entwicklung der Videotechnik den Vorteil, dass in Bildempfängern keine aufwändigen Schaltungen zur Vorentzerrung des Bildes eingebaut werden musste.<sup>78</sup>

Das folgende Bild veranschaulicht noch einmal den Zusammenhang in der Videotechnik. Fehlt in der Kamera die Gammakorrektur, wird ein Bild auf einer Bildröhre zu dunkel wiedergegeben.

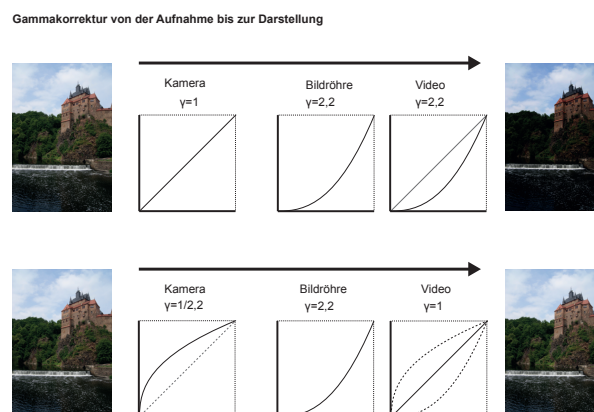


Abbildung 14: Gammakorrektur, Quelle: eigene Darstellung, aus: Niemietz, Richardo Cancho

<sup>78</sup> Vgl. Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.42

Erst bei einer korrekten Vorentzerrung gleicht sich das Problem wieder aus und es entsteht ein homogener Bildeindruck. Alle neuen Bildschirme wie LCD, Plasma etc. emulieren diese Eigenschaft der Bildröhre.

### Gamma und Quantisierung

Für die Übertragung einer realen Szene in diskrete Werte in einem digitalen Video, ermöglicht die Gammakorrektur eine bessere Verteilung der Codewerte:

Helligkeitsbereich	8 Bit Lineare Kodierung		8 Bit Gammakodierung	
	Code-Wertebereich	Anzahl der Codewerte	Code-Wertebereich	Anzahl der Codewerte
1 bis 0,5	255 bis 128	127	255 bis 128	69
0,5 bis 0,25	128 bis 64	64	186 bis 136	59
0,25 bis 0,125	64 bis 32	32	136 bis 99	37
0,125 bis 0,063	32 bis 16	16	99 bis 72	27
0,063 bis 0,031	16 bis 8	8	72 bis 53	19
0,031 bis 0,016	8 bis 4	4	53 bis 39	14
0,016 bis 0,008	4 bis 2	2	39 bis 28	11
0,008 bis 0,004	2 bis 1	1	28 bis 21	7

Abbildung 15: Vergleich Linear vs. Gamma, Quelle: eigene Darstellung, aus: Stump, David

Vor allem in der unteren Helligkeitswerten von beispielsweise 0,016 zu 0,008 (also einer Verdopplung der relativen Leuchtdichte) stehen der Enkodierung nun 11 Bitwerte anstatt wie bei einer linearen Enkodierung nur zwei Bitwerte zur Verfügung. Auch im Prozessverlauf bei der Aufnahme von Videomaterial ergibt sich ein Vorteil: „Im Vergleich zur linearen Übertragung ergibt sich mit  $\gamma$ -Vorentzerrung ein besserer Störabstand, da bei 50% Helligkeit bereits ein Signal mit  $0,5^{0,45} = 73\%$  der Maximalspannung entsteht.“<sup>79</sup>

Im englischsprachigen Raum wird die Gammafunktion auf der Aufnahmeseite auch als OECF (Opto-electronic conversion functions), auf der Wiedergabeseite als EOCF (Electro-optical conversion functions) bezeichnet.<sup>80</sup> Sie beschreiben die Potenzfunktion in der Form:  $f(x) = x^\gamma$ .

<sup>79</sup> Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013, S.42

<sup>80</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.31

### Monitor-Gamma in unterschiedlichen Betrachtungssituationen

Wieso unterscheidet sich nun das Monitor-Gamma in einer TV-Umgebung (2,4) von dem Monitor-Gamma eines normalen Computerdisplays (2,2)? Welche Auswirkungen hat das auf die Farbwiedergabe eines Videos?

Dies hängt mit dem Umgebungslicht und der menschlichen Wahrnehmung zusammen. Wie schon in Kapitel 3.1.2 herausgearbeitet, beeinflusst das Umgebungslicht das menschliche Kontrastempfinden.

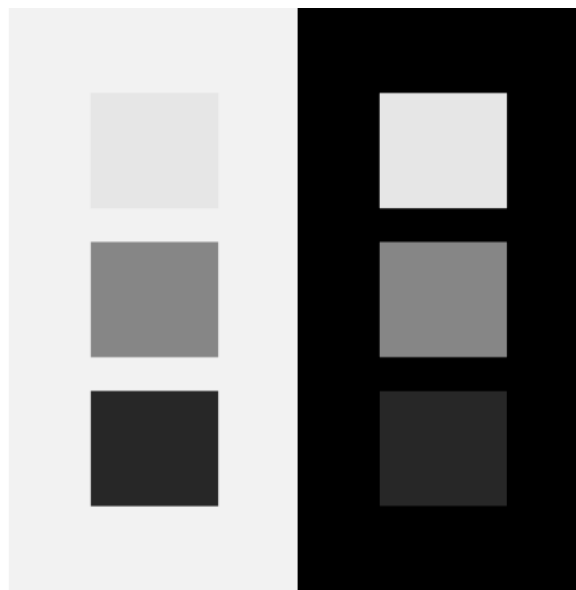


Abbildung 16: Surround Effect, Quelle: Poynton, Charles nach DeMarsh

Die kleinen Vierecke auf der linken wie auch der rechten Seite sind exakt gleich, der empfundene Kontrast zwischen dem hellgrauen und dem dunkelgrauen Kästchen ist aber auf der rechten Seite wesentlich geringer.

Wird dieser Umstand auf ein Video übertragen, wirkt das gleiche Bild in einer dunkleren Umgebung wesentlich kontrastärmer als in einer hellen Umgebung.<sup>81</sup> Dies ist natürlich nicht gewollt, auch in unterschiedlichen Umgebungssituationen sollte ein Video immer gleich aussehen.

---

<sup>81</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.116

Deswegen muss über die Gammakurve auf Monitorseite dieser Umstand ausgeglichen werden. Das Produkt aus Kamera-Gamma und Monitor-Gamma gibt das System-Gamma an und beschreibt den Wert, wie ein Video entsprechend der Umgebungssituation angepasst wird um denselben visuellen Eindruck wie bei der Aufnahme zu erhalten. In dunklen Situationen, wie einem Kino, muss das Monitor-Gamma höher liegen, als in einer hellen Büro-Umgebung. Folgende Tabelle gibt noch einmal einen Überblick über unterschiedliche Betrachtungssituationen und dem verwendeten Gamma-Exponenten.

<b>Bildsystem</b>	<b>Kamera-Gamma</b>	<b>Monitor-Gamma</b>	<b>Umgebungslicht</b>	<b>System-Gamma</b>
Kino	0,6	2,5	Kein Licht (0%)	1,5
HD, Studio Master (BT.709/BT.1886)	0,5	2,4	Sehr Dunkel (1%)	1,2
HD, Wohnzimmer	0,5	2,4	Dunkel (5%)	1,2
Büro (sRGB)	0,45	2,2	Normal (20%)	1,1

*Tabelle 1: Gamma im Vergleich, Quelle: eigene Darstellung, aus: Poynton, Charles*

Das Zusammenspiel von Umgebungslicht und Monitor-Gamma bestimmt das Kontrastempfinden und damit auch die Farbwiedergabe eines Videos.

Die Gammakurve regelt den Helligkeitsverlauf im wiedergegeben Bild und somit auch die Farben. Während auf Aufnahmeseite feste Standards etabliert sind, ist für die Wiedergabe kein verbindlicher Gammaverlauf definiert.<sup>82</sup> Endverbrauchergeräte wie TV-Geräte und Computermonitore lassen sich meist nicht präzise einstellen. Im Verlauf dieser Arbeit wird noch genauer darauf eingegangen.

---

<sup>82</sup> Burosch, Klaus: *So entsteht ein Farbraum* in: Burosch.de, <http://burosch.de/technik/395-farbraum.html> (Zugriff am 23.05.15)

### 3.3.4 Rec. ITU-R BT.709-4

Mit der Einführung von HDTV liegt erstmals ein weltweit einheitlicher Farbstandard zur Kodierung von Videomaterial vor.<sup>83</sup>

Die Vorgaben für die HDTV-Standards wurden von der ITU, der Internationalen Fernmeldeunion, zum ersten Mal 1990 veröffentlicht. Seitdem liegen die Vorgaben in der 4. Auflage vor und sind frei über die Website der Organisation zugänglich.<sup>84</sup>

In der Spezifikation sind alle Parameter für die digitale TV-Übertragung in HD vorgegeben, dabei sind zwei Parameter für die Beurteilung dieser Arbeit besonders wichtig. Die Maximalwerte für Schwarz und Weiß bei einer 8 Bit Kodierung werden wie folgt festgelegt:

Maximalwert Schwarz: 16

Maximalwert Weiß: 235<sup>85</sup>

Der Farbraum für die Übertragung von Videomaterial im TV-Bereich wird mit YCbCr angegeben.

### 3.3.5 Videocodecs

Ein Codec ist ein Programm, „das Daten codiert und dekodiert“.<sup>86</sup> Es bestimmt, wie ein Video abgespeichert und übertragen wird. Es existiert eine unüberschaubare Anzahl verschiedener Videocodecs. Grundsätzlich lässt sich dabei zwischen Codecs unterscheiden, die sich zur Produktion (Intermediate-Codec) eignen und denen, die zur Präsentation (Delivery-Codec) von Videoinhalten gedacht sind.

---

<sup>83</sup> Burosch, Klaus: *Der Farbraum in der Theorie* in: Burosch.de, <http://burosch.de/technik/395-farbraum.html> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>84</sup> ITU: *BT.709* in: Itu.int, <http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.709/en> (Zugriff am 21.05.15)

<sup>85</sup> Vgl. ITU: *Rec. ITU-R BT.709-4*, Geneva, 2000, S. 12

<sup>86</sup> Vgl. BlulifeGmbH&Co.KG: *Codec* in: Bluray-disc.de, <http://www.bluray-disc.de/lexikon/codec> (Zugriff am 11.09.2014).

## Unterschied Codec/Container

Unter einem Container kann man sich eine Art „Briefumschlag“ vorstellen. Dieser Briefumschlag enthält alle Video-, Audio- und Metadaten, die zur Darstellung eines Videos benötigt werden. Der Container gibt die Struktur vor, wie unterschiedliche Datenformate zusammengefasst werden.<sup>87</sup> Die Videos im Container sind dabei im jeweiligen Codec formatiert (kodiert). Die gängigsten Containerarten erkennt man dabei an den Dateinamenendungen und können „.avi“, „.mov“ oder „.mp4“ lauten. Diese wiederum können eine Vielzahl verschiedener Codecs enthalten. Dabei sind aber nicht alle untereinander kompatibel und es muss bei der Enkodierung auf die Kompatibilität geachtet werden.<sup>88</sup>

## Intermediate Codec: DNxHD

Zur Bearbeitung im Schnittprogramm Avid Media Composer wird der Codec „DNxHD“ eingesetzt, ein von der Firma Avid entwickelter Codec zur Bearbeitung von Videomaterial. Er ist für HD-Video ausgelegt und zielt auf „beste Bildqualität bei moderater Datenrate“<sup>89</sup> ab. Dabei bezeichnet „DNxHD“ nur eine „Familie von Videocodierformaten“.<sup>90</sup> Der Nutzer kann bei der Arbeit mit dem Programm Avid Media Composer definieren, mit welchem spezifischen Codec gearbeitet wird. Die einzelnen Codecs unterscheiden sich in der Datenrate, der Auflösung sowie der Quantisierung mit 8 oder 10 Bit.

Für die in Kapitel 4 beschriebenen Tests, liegen alle Videos in der höchsten Qualitätsstufe „DNxHD 185X“ mit 10 Bit Quantisierung vor. Dies soll Rundungsfehler bei der Enkodierung in einen Delivery-Codec vermeiden.

## Delivery-Codec: H.264

Zur Übertragung von Videoinhalt und der Rezeption durch den Kunden wird der Codec „H.264“ eingesetzt. Das H.264-Format ist inzwischen der Branchenstandard für die Übertragung von Videos im Internet<sup>91</sup> als auch die Übertragung von Fernsehen mittels

---

<sup>87</sup> Vgl. Lipinski, Klaus: Containerformat in: IT-wissen.info, <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Containerformat-container-format.html> (Zugriff am 02.06.15)

<sup>88</sup> s.o.

<sup>89</sup> Channelunit GmbH: *DNxHD* in: Slashcam.de, <http://www.slashcam.de/multi/Glossar/DNxHD.html> (Zugriff am 21.05.15)

<sup>90</sup> Mücher, Michael: *DNxHD* in: Bet.de, <http://www.bet.de/lexikon/dnxhd/> (Zugriff am 02.06.15)

<sup>91</sup> Vgl. Sudhakaran, Sareesh: *Understanding MPEG-2, MPEG-4, H.264, AVCHD and H.265* in: Wolfcrow.com, <http://wolfcrow.com/blog/understanding-mpeg-2-mpeg-4-h-264-avchd-and-h-265/> (Zugriff am 02.06.15)

Satellit (DVB-S2). Fernsehsender wie Sky (ehemals Premiere) und andere Sender setzen auf diese Art der Videoenkodierung.<sup>92</sup>

Gegenüber dem Vorgänger MPEG-2, dem Standard für DVDs, bietet der Codec eine doppelt so effiziente Enkodierung der Videoinhalte und ermöglicht so eine gleichbleibende Qualität bei etwa der Hälfte der benötigten Speicherkapazität. Die Spezifikationen wurden 2003 von der JVT, einem Zusammenschluss der ITU mit der MPEG-Visual Gruppe veröffentlicht.<sup>93</sup>

Die Spezifikationen für den H.264-Standard sind frei zugänglich. Dies führte zur der Entwicklung verschiedener Encoder, also Programme, die Videos generieren. Unterschieden wird zwischen kommerziellen und frei zugänglichen Produkten. Im Rahmen dieser Arbeit wird „H.264“ über den Quicktime-Encoder und die frei zugängliche Variante „x264“ eingesetzt. Beide Encoder basieren auf dem gleichen Codec, unterscheiden sich aber in Geschwindigkeit der Enkodierung und der Einsparung von Speicherkapazität.<sup>94</sup> Auch sind die durch den Nutzer wählbaren Einstellungen bei der freien Variante weitaus umfangreicher, als beim kommerziellen Konkurrenzprodukt. So ist es bei dem Encoder „x264“ möglich, die Range eines Videos („Set Black Normalization Level to 16“)<sup>95</sup> festzulegen. Dies hat großen Einfluss auf die Darstellung eines Videos, da hier die maximalen Schwarz- und Weißwerte definiert werden. Der genaue Einfluss dieser Einstellung wird in Kapitel 4 und 5 untersucht.

### 3.4 Software

Zur Bearbeitung eines digitalen Videos ist die richtige Software obligatorisch. Die Arbeitsabläufe der „The Shack GmbH“ basieren auf folgenden Programmen.

---

<sup>92</sup> Vgl. Juran, Nico: *HDTV ohne analoges Loch* in: CT Magazin, <http://www.heise.de/ct/artikel/HDTV-ohne-analoges-Loch-289758.html> (Zugriff am 14.06.15)

<sup>93</sup> Vgl. Sudhakaran, Sareesh: *Understanding MPEG-2, MPEG-4, H.264, AVCHD and H.265* in: Wolfcrow.com, <http://wolfcrow.com/blog/understanding-mpeg-2-mpeg-4-h-264-avchd-and-h-265/> (Zugriff am 02.06.15)

<sup>94</sup> Merit, Loren: *Introduction* in: X264: A HIGH PERFORMANCE H.264/AVC ENCODER [http://akuvian.org/src/x264/overview\\_x264\\_v8\\_5.pdf](http://akuvian.org/src/x264/overview_x264_v8_5.pdf) (Zugriff am 02.06.15)

<sup>95</sup> Vgl. Sorenson Media: *Black Level Normalization – Sorenson Squeeze* in: Video, veröff. bei YouTube am 30.03.11, <https://www.youtube.com/watch?v=CetLc4Hn-Mk>, hier 0:30-1:00Min (Zugriff am 18.06.15)



### **Schnittprogramm: Avid Media Composer**

Avid Media Composer ist ein NLE<sup>96</sup>-Schnittprogramm, im deutschsprachigen Raum auch als NSE (Nichtlineare Schnittsysteme)<sup>97</sup> bezeichnet und dient zur Bearbeitung von Videomaterial. Es ist das am häufigsten verwendete Schnittprogramm im professionellen Segment<sup>98</sup> und ist Grundlage für die in diesem Schriftstück verfasste Workflow- und Fehleranalyse.

Es bietet zahlreiche Funktionen zum Im- und Export von Videomaterial und ist für einfache Farbkorrekturen gerüstet. Während der Bearbeitungszeit dieser Arbeit stand dem Verfasser das Programm in der Version 7.0.3 zur Verfügung, alle Tests werden mit dieser Programmversion durchgeführt.

### **Enkodiersoftware: Adobe Media Encoder<sup>99</sup>**

Adobe Media Encoder ist eine Encoding Software und ermöglicht es, Videodateien in unterschiedliche Formate zu konvertieren. Dabei benutzt es zur Erstellung von H.264 formatierten Dateien den Quicktime Enkoder. Das Programm wird für diese Arbeit in der Version 6.0.3.1 verwendet.

### **Enkodiersoftware: TMPEnc Video Mastering<sup>100</sup>**

Dieses Programm ist ein kommerzielles Produkt der Firma Pegasys Inc. und entstand aus der zuvor freien Software TMPEnc. Es bietet ebenso wie Adobe Media Encoder umfangreiche Funktionen zur Umwandlung von Videomaterial in die unterschiedlichsten Formate. Das Programm liegt für diese Arbeit in der Version 5.4.2.103 vor.

---

<sup>96</sup> NLE: Non Linear Editing, beschreibt die Fähigkeit eines Programmes, Videodaten in nicht linearer Weise zu bearbeiten.

<sup>97</sup> Webers, Johannes: Handbuch der Film & Videotechnik, 8. Auflage, Poing, 2007, S.639

<sup>98</sup> Vgl. Siebert, Marco: *Avid Media Composer Software* in: Picturetools.de, [http://www.picturetools.de/Hersteller/Avid/Avid\\_Media\\_Composer?NS=1](http://www.picturetools.de/Hersteller/Avid/Avid_Media_Composer?NS=1) (Zugriff am 13.05.15)

<sup>99</sup> Adobe Systems Inc.: *Adobe Media Encoder* in: Adobe.com, <https://creative.adobe.com/de/products/media-encoder> (Zugriff am 19.06.15)

<sup>100</sup> Pegasys Inc: *TMPEnc Video Mastering* in: TMPEnc, [http://tmpgenc.pegasys-inc.com/de/product/index\\_video.html](http://tmpgenc.pegasys-inc.com/de/product/index_video.html) (Zugriff am 03.06.15)

## Enkodiersoftware: Sorenson Squeeze<sup>101</sup>

Sorenson Squeeze ist ein weiteres Enkodierprogramm zur Umwandlung von Videodateien. Gegenüber den anderen beiden Programmen bietet es die Möglichkeit, den „x264“ Encoder zu verwenden und damit umfangreichen Einfluss auf die Videoenkodierung zu nehmen. Das Programm liegt in der Version 8.5 vor.

## Dekodierprogramme/Videoplayer

Um auf einem Computersystem Videos abzuspielen, bedarf es geeigneter Software. Dazu existieren sowohl für Computer mit einem Mac OSX, Windows oder Linux-Betriebssystem unzählige verschiedene Dekodierprogramme. Die bekanntesten heißen VLC, Quicktime Player und Windows Media Player.

In der Betrachtung dieser Arbeit setzten wir uns mit den weitverbreitetsten Videoplayern auf den Markt auseinander.<sup>102</sup>

- VLC media player<sup>103</sup> – eine freie und quelloffene Multimedialösung in der Version 2.2.1 für Windows
- Quicktime 7 Pro<sup>104</sup> – das Abspielprogramm entwickelt von Apple und das kommerzielle Gegenstück zum VLC media player

Die Wahl des Videoplayers nimmt großen Einfluss auf die Farbdarstellung eines Videos, wie schon Abbildung 3 zeigte. Sie unterscheiden sich in den unterstützten Codecs und der Art und Weise der Dekodierung von Videomaterial.

In zahlreichen Foren im Internet lassen sich diverse Berichte über einen „Gamma-Shift“ oder „Quicktime Gamma Bug“<sup>105</sup> im Quicktime Player finden, der zu einer verfälschten Farbwiedergabe führen soll. Bei dieser Quelle ist aber nicht zu erkennen, wie dieses

---

<sup>101</sup> Sorenson Media: *Squeeze* in: Sorensonmedia.com, <http://www.sorensonmedia.com/squeeze/> (Zugriff am 03.06.15)

<sup>102</sup> Chip Digital GmbH: *Top 100 Mediaplayer - Downloads der Woche* in: Chip.de, [http://www.chip.de/Downloads-Download-Charts-Top-100-der-Woche\\_32368489.html?xbl\\_category=38950](http://www.chip.de/Downloads-Download-Charts-Top-100-der-Woche_32368489.html?xbl_category=38950) (Zugriff am 14.05.15)

<sup>103</sup> VideoLAN: *Startseite* in: Videolan.org, <https://www.videolan.org/vlc/> (Zugriff am 13.05.15)

<sup>104</sup> Apple Inc: *Quicktime* in: Apple.de, <https://www.apple.com/de/quicktime/extending/index.html> (Zugriff am 13.05.15)

<sup>105</sup> Vitrolite: *The Quicktime Gamma Bug* in: Vitrolite.wordpress.com, [https://vitrolite.wordpress.com/2010/12/31/quicktime\\_gamma\\_bug/](https://vitrolite.wordpress.com/2010/12/31/quicktime_gamma_bug/) (Zugriff am 14.06.15)

Verhalten des Programmes ermittelt wurde. Im Rahmen der Tests in Kapitel 4 und 5 soll durch einen Vergleich der beiden Videoplayer herausgefunden werden, ob das Problem durch den Player oder den verwendeten Videocodec hervorgerufen wird.

### 3.5 Darstellung von Videomaterial auf PC-Systemen

Um ein Video auf einem PC-System darzustellen, durchläuft das Video von der Dekodierung bis zur tatsächlichen Darstellung auf dem Monitor zahlreiche Arbeitsschritte.

Die folgende Darstellung beruht dabei auf Aussagen des Autors Charles Poynton<sup>106</sup> zur digitalen Bildverarbeitung und den aus dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnissen des Autors. In Abbildung 17 wird zusammengefasst, an welcher Stelle im Rezeptionsprozess Umwandlungen in der Range und dem Gammawert eines Videos stattfinden.

Wiedergabe auf einem Computersystem

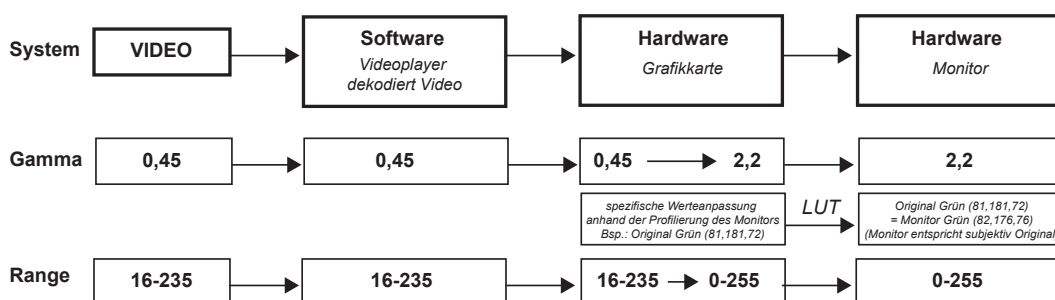


Abbildung 17: Wiedergabe auf einem Computersystem, Quelle: eigene Darstellung, aus: Poynton, McHugh und Schlicht

Das durch die Postproduktion erstellte Video liegt in einer Range von 16-235 mit einem Gamma von 0,45 enkodiert vor. Die Software dekodiert das Video. Die Grafikkarte übernimmt die Umwandlung der Range wie auch die Gammakorrektur vor. Am Ausgang der Grafikkarte wandelt eine Tabelle die konkreten RGB-Werte des Videos in die für dieses Display spezifischen RGB-Werte um.

<sup>106</sup> Poynton, Charles: Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.329

## 3.6 Optimale Betrachtungssituation

Die Betrachtungssituation in der ein Video dargestellt wird, ist essentiell für eine korrekte Beurteilung der Farben eines Videos.

Für einen Farbkorrekturplatz in einer Postproduktion sind genaue Anforderungen an die verwendete Technik und die Raumgestaltung festgehalten. Die Anforderungen für Monitore in der TV-Produktion, beispielsweise der Gamma-Exponent, sind in der EBU Tech 3320<sup>107</sup> festgehalten. Die SMPTE<sup>108</sup> hat in der RP 166-1995 eine einheitliche Betrachtungssituation zur Beurteilung von Videos festgelegt. Da diese Quelle dem Autor zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nicht zur Verfügung stand, berufen sich folgende Aussagen auf Alexis Van Hurkman. Die zitierten Vorgaben zur Einrichtung eines Farbkorrekturplatzes beruhen dabei auf den Empfehlungen der SMPTE. Dabei spielen drei Faktoren die Hauptrolle:

### 3.6.1 Wandfarbe

Die Farbe der Wand hinter dem Monitor ist wichtig für die Farbbeurteilung. Laut der Vorgabe RP 166-1995 sollte ein neutrales, 18% Grau für die Wandfarbe gewählt werden.<sup>109</sup> Das ist mit der Chromatischen Adaption<sup>110</sup> des Auges zu erklären. Das Auge passt sich dem Umgebungslicht an, sodass ein weißes Blatt Papier im Tageslicht wie auch unter Kunstlicht weiß aussieht. Entspricht die Wandfarbe nun keinem 18% Grau, sondern enthält einen leichten Farbstich hinzu Gelb, nimmt das Auge dies trotzdem als Referenzgrau an. Das Auge passt sich den Begebenheiten an. Problematisch ist, dass dann auch die Farben auf dem Display nicht mehr korrekt interpretiert werden können.

### 3.6.2 Helligkeit des Raumlichtes

Die Helligkeit des umgebenden Raumlichtes beeinflusst den wahrgenommenen Kontrast eines Bildes analog zum unter 3.1.2 beschriebenen Simultankontrast. Deswegen

---

<sup>107</sup> EBU: EBU Tech 3320, 3. Auflage, Geneva, 2014

<sup>108</sup> SMPTE = Society of Motion Picture and Television Engineers

<sup>109</sup> Vgl. Hurkman, Alexis Van: Color Correction Handbook, 2. Auflage, USA, 2014, S.61

<sup>110</sup> Vgl. Mischler, Georg: *Glossar der Lichtplanung* in: Schorsch.com, <http://www.schorsch.com/de/wissen/glossar/adaption.html> (Zugriff am 24.05.15)

ist es wichtig, dass das Licht je nach eingestelltem Monitorgamma folgende Werte annimmt:

- Bei einem Gamma von 2,4 sollte das Raumlicht etwa 10 % der Spitzenleuchtdichte<sup>111</sup> des Monitors bei angezeigtem Weiß betragen
- Bei einem Gamma von 2,2 sollte das Raumlicht etwa 20 % der Spitzenleuchtdichte des Monitors bei angezeigtem Weiß betragen<sup>112</sup>

Die Vorgaben für das Verhältnis des Raumlichtes zur Spitzenleuchtdichte variieren in der Literatur und reichen von vagen Aussagen mit „10%-20%“<sup>113</sup> bis zu „ca.15%“.<sup>114</sup>

### 3.6.3 Die Farbtemperatur des Raumlichtes

Wie schon die Farbe der Wand muss auch die Farbtemperatur<sup>115</sup> des Raumlichtes dem Weißpunkt des Displays mit 6500K entsprechen.<sup>116</sup> Dadurch wird die Chromatische Adaption des Auges verhindert und Farben können korrekt beurteilt werden.

Diese Vorgaben zur Einrichtung eines Farbkorrekturplatzes können auch als Grundlage für Kunden zur Betrachtung von Videomaterial dienen. Anhand dessen lassen sich Fehler in einer Büroumgebung schnell aufdecken. Oft ist das Raumlicht eines normalen Büros wesentlich heller als die in der Literatur geforderten Werte. Unterschiedlichen Lichtquellen (wie Fenster und Leuchtstoffröhren) liefern einen

---

<sup>111</sup> Spitzenleuchtdichte = Maximaler Helligkeitswert des Monitors

<sup>112</sup> Vgl. Hurkman, Alexis Van: The color correction handbook, 2. Auflage, USA, 2014, S.62

<sup>113</sup> Möllering, Detlef: Handbuch der professionellen Videoaufnahme, 2. Auflage, Essen, 1993, S.23

<sup>114</sup> ITU: Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television (PDF), ITU, 2004, S.11

<sup>115</sup> Farbtemperatur = „Mit dem Begriff Farbtemperatur bezeichnet man in der Physik die Eigenschaft eines glühenden Metallrohrs (des Planckschen Schwarzen Strahlers), bei einer bestimmten Temperatur ein Licht gleicher spektraler Verteilung wie eine Lichtquelle auszusenden. Die Maßeinheit der Farbtemperatur ist Kelvin (K). Bei hohen Glühtemperaturen, z.B. 5500 Kelvin, überwiegt die kurzwellige Strahlung des blauen Spektralbereichs, während bei niedrigen Glühtemperaturen (z.B. 3200 Kelvin) langwellige Strahlung mit überwiegend roten bis gelben Spektralanteilen vorherrscht.“ (James zu Hünigen: *Farbtemperatur* in: Lexikon der Filmbegriffe; <http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=154> (Zugriff am 24.05.15))

<sup>116</sup> Vgl. Hurkman, Alexis Van: The color correction handbook, 2. Auflage, USA, 2014, S.63

Farbtemperatur-Mix, der eine korrekte Beurteilung nicht möglich macht. Beispielsweise liegt die Farbtemperatur bei Standard Leuchtstoffröhren bei ca. 4100 Kelvin.<sup>117</sup>

Auch die Wandfarben in den meisten Büros werden sich nicht an dem geforderten Grau von 18% orientieren.

---

<sup>117</sup> Hüningen, James zu: *Farbtemperatur* in: Lexikon der Filmbegriffe,  
<http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=154> (Zugriff am 24.05.15)

## 4 Test: Export in Delivery-Codec

Das folgende Kapitel analysiert, welchen Einfluss die Videoenkodierung in einen Delivery-Codec Einfluss auf die Range eines Videos hat. In der Postproduktion „The Shack GmbH“ ist es üblich, Videos für die Veröffentlichung im Internet oder zur Darstellung auf Computersystemen in der „Full-range“ herauszugeben. Das heißt, zur Farbkorrektur im Bild wird die volle Bittiefe von 8-Bit eingesetzt. Weiß ist damit dem Wert 0 und Schwarz dem Wert 255 zuzuordnen. Im folgenden Test soll evaluiert werden, ob die Enkodierung in einen Delivery-Codec Einfluss auf diese Werte nimmt.

### 4.1 Testdurchführung Test 1

#### 4.1.1 Überblick über den Ablauf

Der Test 1 basiert grundlegend auf drei Arbeitsschritten.

##### Workflow Test 1

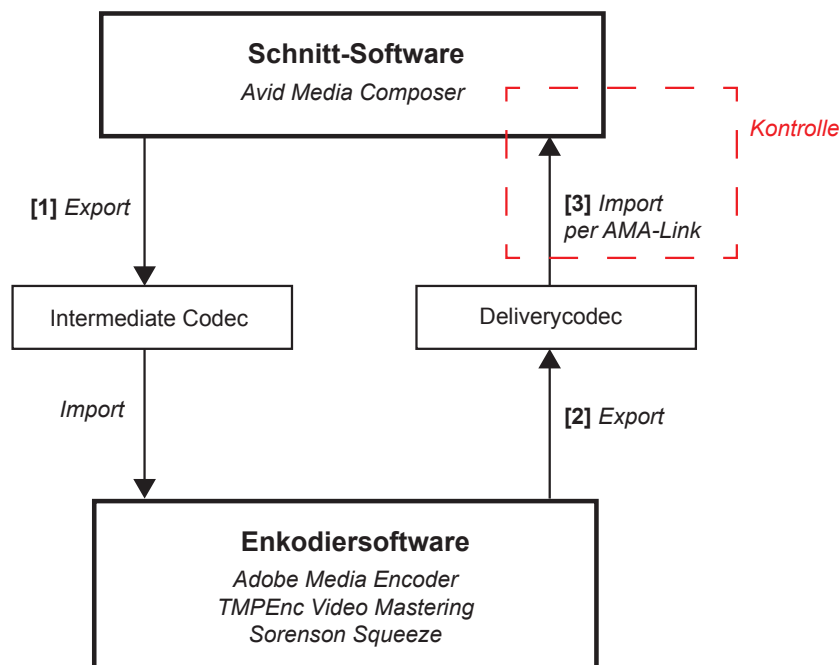


Abbildung 18: Test 1 Übersicht, Quelle: eigene Darstellung

Das zuvor erstellte Testvideo wird aus Avid Media Composer im ersten Schritt in einen Intermediate-Codec (siehe dazu auch Kapitel 3.3.5) exportiert. Dieser „Zwischen-Codec“ entspricht exakt dem Originalvideomaterial<sup>118</sup> und dient zur weiteren Verarbeitung in einer Enkodiersoftware. Diese Einstellung nennt sich in Avid Media Composer „Same as Source“.<sup>119</sup>

Die Enkodiersoftware übernimmt nun im zweiten Schritt die Umwandlung in einen Delivery-Codec wie dem in Kapitel 3.3.5 vorgestellten H.264. Zur Kontrolle der Videodateien über einen Waveformmonitor und ein Vektorskope werden die nun berechneten Videodateien im Schritt drei per „AMA-Link“ wieder in die Schnittsoftware Avid Media Composer importiert. Der „AMA-Link“<sup>120</sup> ist dabei eine Funktion der Schnittsoftware Avid Media Composer und ermöglicht es, Videodateien ohne Neuenkodierung in der Software anzuschauen und zu bearbeiten.

Die Wahl des Enkodierprogrammes ist dem Einsatzzweck und der persönlichen Präferenz der bearbeitenden Person zuzuschreiben. In der Firma „The Shack GmbH“ werden drei unterschiedliche Programme verwendet: Adobe Media Encoder, TMPEnc Video Mastering und Sorenson Squeeze. Da sich die verwendeten Enkodierprogramme maßgeblich in ihrem Umfang unterscheiden und den Einsatz verschiedener Codecs ermöglichen, werden für die nachfolgenden Tests alle Programme verwendet. Soweit möglich werden in allen Programmen die gleichen Einstellungen verwendet. Adobe Media Encoder und TMPEnc benutzen beide die Quicktime-Schnittstelle, um H.264-Videodateien zu erstellen. Sorenson Squeeze bietet an dieser Stelle die umfangreichsten Enkodiereinstellungen und bietet mit dem Codec „x264“ auch die Möglichkeit, die Range mit der Option „Set Black Normalization Level to 16“ zu kontrollieren., siehe dazu auch Kapitel 3.3.1 und 3.3.5.

Auch Avid Media Composer bietet die Möglichkeit, eine Videodatei in den Delivery-Codec H.264<sup>121</sup> zu exportieren. Dieser Weg wird ebenfalls im Testverlauf untersucht.

---

<sup>118</sup> Avid Technology, Inc.: Media Composer Editing Guide 8.0, 2014, S.975

<sup>119</sup> s.o. S.1382

<sup>120</sup> Vgl. s.o. S.380

<sup>121</sup> s.o. S.975



## 4.1.2 Testbedingungen

Das verwendete Testvideo soll dazu dienen, Unterschiede in der Range sowie Unterschiede in der Farbdarstellung insbesondere von Hauttönen aufzudecken. Das Video ist wie folgt aufgebaut:

Timecode	Inhalt
00:00-00:01	Schwarz (kein Videoinhalt)
00:01-00:06	Testbild 1
00:06-00:07	Schwarz (kein Videoinhalt)
00:07-00:08	Testbild 2 (0-255)
00:08-00:09	Testbild 2 (16-235)
00:09-00:10	Schwarz (kein Videoinhalt)
00:10-00:12	Testbild 3 (0-255)
00:12-00:14	Testbild 3 (16-235)

Tabelle 2: Testsequenz, Quelle: eigene Darstellung

**Testbild 1** basiert auf einer modifizierten Variante des Original Burosch Testbildes.<sup>122</sup> Zur Übersichtlichkeit enthält es neben allen Primärfarben auch die dazugehörigen RGB-Wertepaare, die einen einfachen Vergleich ermöglichen.

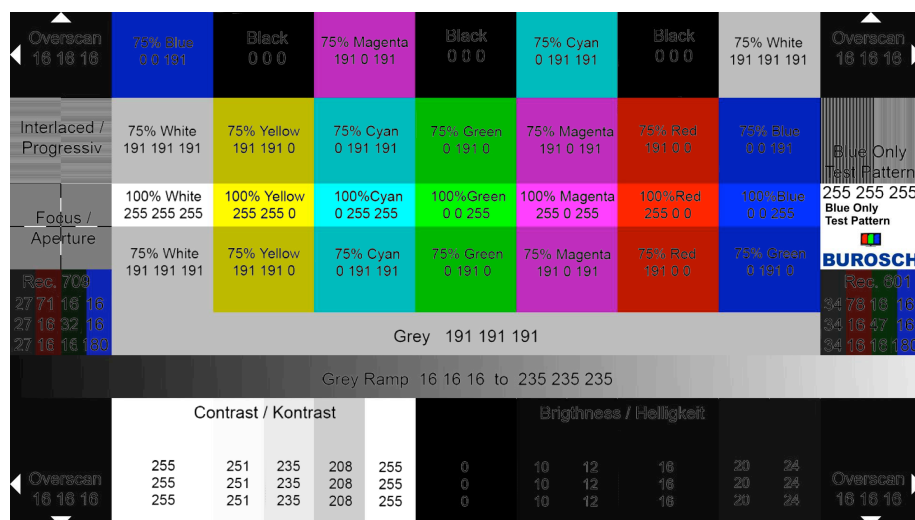


Abbildung 19: Testbild 1, Quelle: eigene Darstellung, aus: Burosch, Klaus

<sup>122</sup> Burosch, Klaus: *Blue-Only Testbild, Technische Dokumentation* [PDF], 2010, [http://burosch.de/images/Blue\\_Only\\_Technische\\_Dokumentation\\_Deutsch.pdf](http://burosch.de/images/Blue_Only_Technische_Dokumentation_Deutsch.pdf) (Zugriff am 07.06.15)

Für den späteren Vergleich ist in Abbildung 20 die Waveformdarstellung des Testbildes zu sehen.

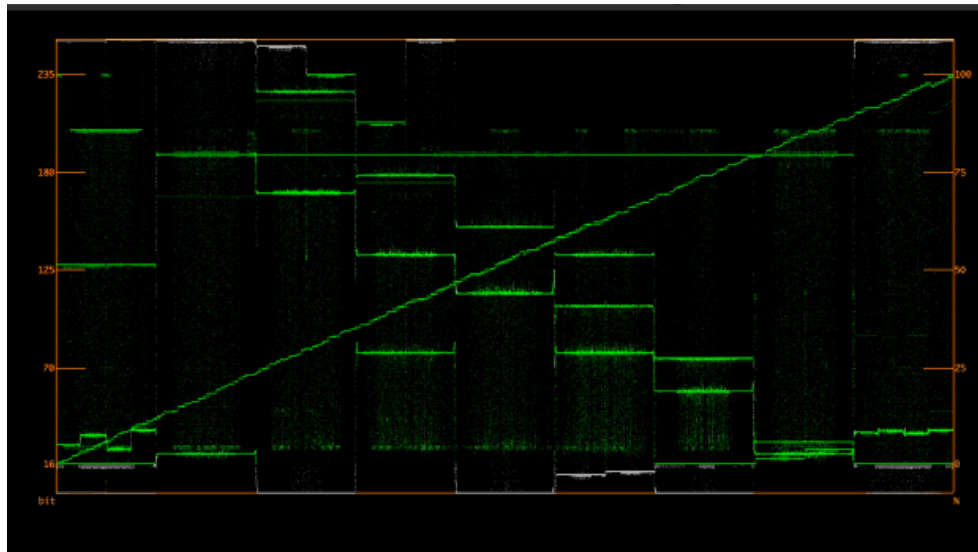


Abbildung 20: Testbild 1 – Waveformdarstellung, Quelle: eigene Darstellung

Hier lässt sich gut erkennen, dass alle Werte von 0 bis 255 in dem Bild vertreten sind. Da Avid Media Composer intern mit den Rec.709 Vorgaben arbeitet<sup>123</sup> und damit die Werte unter 16 Bit und über 235 als „illegal“ definiert sind, werden diese Weiß markiert.

Das Testbild 1 ermöglicht im Verlauf des Testes, Unterschiede in der Range anhand des mit „Contrast“ betitelten Teilbereich des Bildes zu erfassen. Findet eine Veränderung statt, lassen sich nicht mehr alle Felder von Wert Weiß (255,255,255) und Hellgrau (235,235,235) unterscheiden. Es kann vorkommen, dass aufgrund in der Rec.709 vorgeschriebenen Range von 16-235 alle Werte über 235 und unter 16 abgeschnitten werden und somit nicht mehr sichtbar sind (Abb. 21).

---

<sup>123</sup> Vgl. Staten, Greg: The Avid Handbook, 5. Ausgabe, Burlington, MA, 2012 S.151

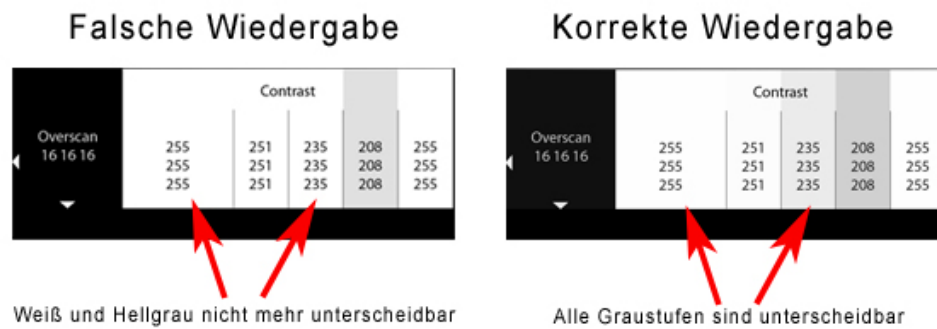


Abbildung 21: Falsche und korrekte Wiedergabe im Vergleich, Quelle: eigene Darstellung

**Testbild 2** und **Testbild 3** sind zwei reale Testbilder mit der Darstellung einer Frau. Sie liegen jeweils in zwei unterschiedlichen Versionen vor. Die erste Variante deckt dabei die volle Range von 0 bis 255 ab, die zweite Variante entspricht der Rec BT.709 mit einer Range von 16 bis 255. Der Unterschied wirkt sich auf den Kontrast und die Helligkeit des Testbildes aus.



Abbildung 22: Testbild 2 - Studio-Range, Quelle: eigene Darstellung

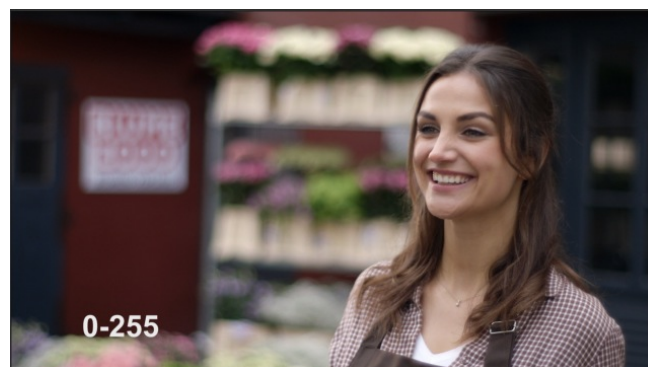


Abbildung 23: Testbild 2 - Full-Range, Quelle: eigene Darstellung

## Avid Media Composer Einstellungen

Das Video wird in Avid Media Composer 7.0.3 geschnitten, die Projekt-Einstellungen wurden wie folgt gewählt:

<b>Project Type:</b>	1080p/25
<b>Color Space:</b>	YCbCr 709
<b>Aspect Ratio:</b>	16:9
<b>Media Creation (Import)</b>	DNxHD 185 X

*Tabelle 3: Projekteinstellungen Avid Media Composer, Quelle: eigene Darstellung*

Der Test wird auf einer HP Z400 Workstation mit dem Betriebssystem Windows 7 SP 1 durchgeführt.

### 4.1.3 Testablauf

#### Schritt 1: Export aus Avid Media Composer in Intermediate Codec „Same as Source“

Avid Media Composer gibt dem Nutzer beim Exportieren die Möglichkeit zwischen zwei unterschiedlichen „Color Levels“ zu wählen: „RGB“ und „601/709“. Ziel ist es, ein Video für die Darstellung auf Computersystemen zu optimieren. Deshalb liegt es nahe, „RGB“ als Einstellung zu wählen. Die Bedienungsanleitung gibt dazu folgenden Hinweis: „Exports the video according to the RGB color level limits (0-255)“.<sup>124</sup> Da mit diesem Hinweis aber nicht erklärt wird, welchen Einfluss diese Einstellung auf das Testvideo hat, werden jeweils zwei Videodateien als „Same as Source“ exportiert. Einmal mit gewählter Einstellung „RGB“, das zweite Mal mit „601/709“.

Da beide Videos als Grundlage für die weitere Enkodierung in einen Delivery-Codec dienen, werden alle Enkodiervorgänge in Schritt zwei mit beiden Dateien durchgeführt. Um in der Auswertung einen Überblick zu behalten, werden die Dateien wie folgt bezeichnet:

---

<sup>124</sup> Avid Technology, Inc.: Media Composer Editing Guide 8.0, 2014, S.976

**Test#Nr\_AVID\_#ColorLevels\_#Format1\_#Kodierssoftware\_#Format2\_#X**

<b>#Nr</b>	Bezeichnet den durchgeführten Test
<b>#ColorLevels</b>	Gibt die in den Exporteinstellungen von Avid Media Composer gewählte "Color Levels"-Einstellung an
<b>#Format1</b>	Entspricht dem in Avid Media Composer gewähltem Codec
<b>#Enkodierssoftware</b>	Abkürzung der verwendete Software
<b>#Format2</b>	Gibt den in der Enkodiersoftware verwendeten Codec an
<b>#X</b>	Gesonderte Einstellung in der Enkodiersoftware

**Schritt 2: Export der Videos in Deliverycodec durch Enkodiersoftware**

Die in Avid Media Composer exportierten "Same as Source"-Videodateien werden durch drei verschiedene Enkodierprogramme in eine H.264-Videodatei umgewandelt. Alle Programme unterscheiden sich im Umfang ihrer angebotenen Einstellungen. Sofern möglich, werden die Einstellungen gleich gewählt, dazu zählen:

- die verwendete Bitrate: 50.000 kbit/s
- der Codec: H.264 in Adobe Media Encoder und TMPEnc Video Mastering, „x264“ in Sorenson Squeeze
- Auflösung: 1920x1080 Pixel

Genaue Angaben der Exporteinstellungen sind im Anhang 4 ab Seite XXII zu finden.

**Schritt 3: Reimport per AMA-LINK**

Die nun erstellten Dateien werden über die Funktion "AMA-Link" wieder in Avid Media Composer importiert. Diese Funktion ermöglicht es, Videos ohne erneute Kodierung in dem Programm zu betrachten und zu bearbeiten. Hier werden die in Schritt eins und zwei erstellten Videos über die eingebauten Messinstrumente Waveformmonitor und Vektorskope hinsichtlich ihrer Farben, ihres Codebreite (Range) und der Gammakurve untersucht. Wird eine Veränderung zur Originalen Testsequenz festgestellt, so wird dieses Video in Avid Media Composer nicht korrekt angezeigt.

### 4.1.4 Ergebnisse

Lediglich drei von zehn Videos entsprachen in ihrer Waveformdarstellung dem Originalvideo. TMPEnc Video Mastering und Avid Media Composer nahmen somit keinen Einfluss auf die Range des Testvideos:

- Test1\_AVID\_RGB\_TMPGEnc\_H264.mov
- Test1\_AVID\_709\_TMPGEn\_H264.mov
- Test1\_AVID\_709\_H264.mov

Die durch Sorenson Squeeze erstellten Dateien ließen sich nicht per AMA-Link in Avid Media Composer anzeigen. Das Programm zeigte eine Fehlermeldung und stürzte ab. So kann an dieser Stelle keine Aussage über die Videos bezüglich ihrer Waveformdarstellung getroffen werden.

Besonders das Programm Adobe Media Encoder nahm großen Einfluss auf die Codebreite. In beiden Fällen änderte das Programm die Range der Videos von 0-255 auf 16-235. Außerdem fand eine Stauchung („Test1\_AVID\_709\_AM\_H264.mp4“) bzw. Streckung des Videoinhaltes („Test1\_AVID\_RGB\_AM\_H264.mp4“) statt.

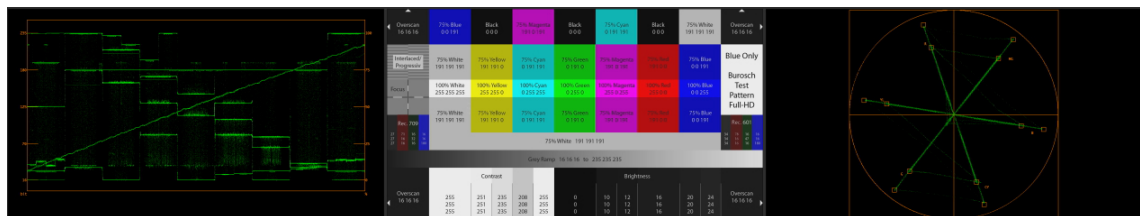


Abbildung 24: Test1\_Avid\_709\_AM\_H264, eigene Darstellung

In Abbildung 24 ist deutlich zu erkennen, dass keine Werte oberhalb der Bitwerte 235 und unterhalb von 16 mehr vorhanden sind. Bei dieser Darstellung wird aber das Kontrastverhältnis beibehalten, so sind noch deutlich alle Graustufen voneinander unterscheidbar.

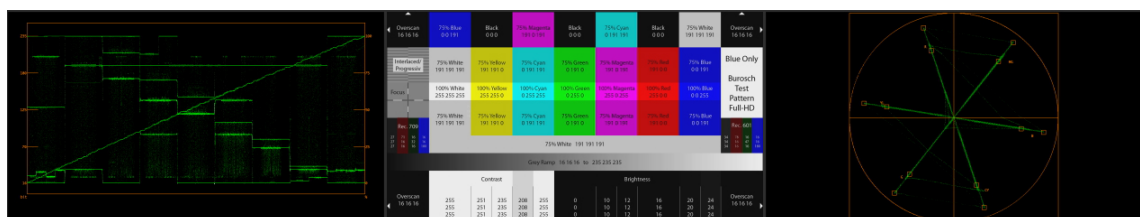


Abbildung 25: Test1\_Avid\_RGB\_AM\_H264

Bei Abbildung 25 lässt sich ein anderes Verhalten beobachten. Ebenso sind hier keine Werte außerhalb der Studio-Range zu erkennen, die Videoinhalte sind aber „gestreckt“ worden. Die Abstufungen der Grauwerte von 235 bis 255 sind nicht mehr zu erkennen. In der Anlage 10 findet sich zum besseren Vergleich eine ganzseitige Darstellung bei-der Abbildungen.

Laut der Anzeige in Avid Media Composer und der Waveformdarstellung entsprechen diese beiden Videos nicht dem Original. Keine Einstellung seitens des Programmes ermöglichte eine Einflussnahme auf dieses Verhalten.

Die Ergebnisse waren aufgrund der verwendeten Programme und unterschiedlichen Exporteinstellungen zu erwarten. Sie zeigen auch lediglich die Interpretation der Videos durch das Programm Avid Media Composer. Da dies kein gängiges Programm zum Abspielen von Videos durch den Kunden ist, können die Ergebnisse noch keine abschließenden Aussagen über die korrekte Darstellung der Videos beim Kunden geben.

## 5 Test: Wiedergabe auf Computersystem

Wie die Testergebnisse aufzeigten, nimmt die Wahl der Software, des Codecs und der verwendeten Einstellung großen Einfluss auf die Farbdarstellung eines Videos. Im folgenden Kapitel soll nun evaluiert werden, in wieweit die Wahl des Abspielprogrammes in Verwendung mit einem bestimmten Codec Einfluss auf die Wiedergabe eines Videos nimmt.

Dadurch werden zwei verschiedene Tests durchgeführt. In Test 2 wird evaluiert, welche Videos in „Full-Range“ und damit korrekt auf dem Bildschirm reproduziert werden. Dazu werden nacheinander alle in Test 1 erstellten Videos in einem einzigen Programm geöffnet, die Ausgabe per Bildschirmfoto festgehalten und in Photoshop anhand der RGB-Werte miteinander verglichen. Das programminterne „Info-Fenster“ mit dem „Farbpipette“-Werkzeug ermöglicht die genaue Anzeige der im Bild enthaltenen RGB-Werte. Mit Hilfe des Mauszeigers können so die einzelnen Felder des Testbildes angewählt werden und die Messwerte in eine Tabelle eingetragen werden.

Im dritten Testdurchgang (Test 3) wird dasselbe Video in zwei unterschiedlichen Videoplayern geöffnet. Auch hier wird die Ausgabe per Bildschirmfoto festgehalten und die entstehenden Dateien in Photoshop miteinander verglichen. In einem Side-by-Side<sup>125</sup>-Vergleich und anhand der RGB-Werte wird subjektiv über die Unterschiede in den Bildern geurteilt.

### 5.1 Testdurchführung Test 2

#### 5.1.1 Testbedingungen

- Testsystem: Mac Mini Mitte 2011 (Intel i5 2,3 Ghz, Intel HD 3000 Grafikeinheit) mit Mac OSX 10.9.5 und angeschlossenem Cinema Display bei einem eingestellten Display-Gamma von 2,2
- VLC Media Player 2.1.2
- Photoshop CS 6 13.0 x64

---

<sup>125</sup> Side-by-Side: Zwei Bildschirmfotos werden nebeneinander angelegt, sodass ein einfacher Vergleich beider Bilder möglich wird



## 5.1.2 Ergebnisse

Im Test stellte sich heraus, dass lediglich zwei Videos alle Graustufen in der „Full-range“ zeigten und damit subjektiv korrekt auf dem Computerdisplay wiedergegeben wurden:

- Test1\_AVID\_709\_AM\_H264.mp4
- Test1\_AVID\_709\_SO\_H264\_16\_235.mov

Dies sind durch das Programm Adobe Media Encoder und Sorenson Squeeze enkodierte Dateien.

Alle anderen Videos wurden zwar in der Full-Range angezeigt, alle Weißwerte über 235 Bit wurden auf 255 Bit gesetzt. Dadurch gehen vor allem in Details in dunklen und hellen Bildbereichen verloren.

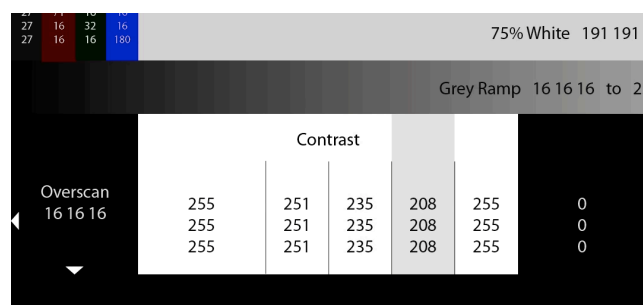


Abbildung 26: Test1\_Avid\_709\_H264, abgespielt im VLC Player, Quelle: eigene Darstellung

Deutlich ist in der Abbildung 26 zu erkennen, dass keine Unterscheidung der Felder 235 und 255 gegeben ist. Hingegen lassen sich alle Graustufen in der durch Adobe Media Encoder enkodierten Datei erkennen (Abb. 27).

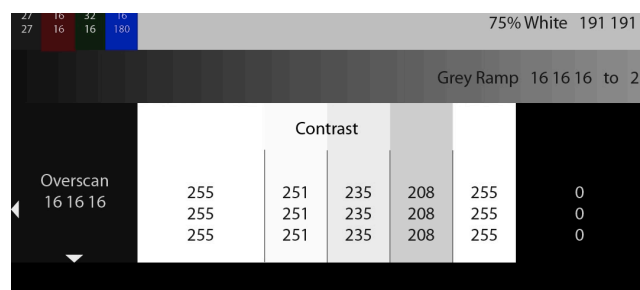


Abbildung 27: Test1\_Avid\_709\_AM\_H264, abgespielt im VLC Player, Quelle: eigene Darstellung

Überraschend ist dabei, dass dieselbe Datei, die im Videoplayer richtig angezeigt wird, in der Waveformdarstellung in Avid Media Composer eine Stauchung auf die „Studio-Range“ mit Werten von 16-235 aufweist, wie in Abb. 24 zu erkennen ist.

Die durch Avid Media Composer erstellte Videodatei (Test1\_Avid\_709\_H264), die laut Waveformdarstellung in Full-Range vorliegt, wird im Videoplayer falsch dargestellt. Das alle Werte, die über einem Wert von 235 Bit liegen abgeschnitten werden, lässt sich sehr gut in der Abb. 26 erkennen.

Daraus lässt sich schlussendlich folgendes feststellen: der für diesen Test verwendete Videoplayer (VLC Media Player) nimmt intern eine Übertragung von 16-235 auf die 0-255 vor. Wird nun ein Video in der Full Range ausgespielt, nimmt auch hier der Player ein dieselbe Übertragung vor und „schneidet“ dadurch alle Werte, die den Bitwert 235 übersteigen, ab. Damit ist bewiesen, dass für die Darstellung auf Computermonitoren unbedingt die TV-Norm (Studio-range) benutzt werden muss, um eine richtige Darstellung auf PC-Monitoren zu erreichen.

## 5.2 Testdurchführung Test 3

In Test 3 wird das in Test 2 korrekt dargestellte Video (Test1\_Avid\_709\_AM\_H264) in zwei unterschiedlichen Videoplayern auf zwei unterschiedlichen Betriebssystemen verglichen.

### 5.2.1 Testbedingungen

- Testsystem: Mac Mini Mitte 2011 (Intel i5 2,3 Ghz, Intel HD 3000 Grafikeinheit) mit Mac OSX 10.9.5 und angeschlossenem Cinema Display bei einem eingestellten Display-Gamma von 2,2
  - VLC Media Player 2.1.2 für Mac OSX
  - Quicktime Player 7.6.6 für Mac OSX
- Testsystem 2: HP Z400 (Xeon W3680, NVIDIA Quadro FX 3800 Grafikkarte) mit Windows 7 SP 1 mit NEC MultiSync LCD 1880SX
  - VLC Media Player 2.1.3 für Windows
  - Quicktime Player 7.7.4 für Windows

Für den Test wird das Video in beiden Videoplayern geöffnet, abermals ein Bildschirmfoto erstellt und beide Dateien in Photoshop importiert. Dort werden die beiden Bilder so angeordnet, dass Unterschiede in der Farbdarstellung erkennbar werden.

## 5.2.2 Testergebnisse Testsystem Mac OSX

Beide Videoplayer stellten das Video dar und spielten es ab. Jedoch ließen sich deutliche Unterschiede in der Farbdarstellung ausmachen.

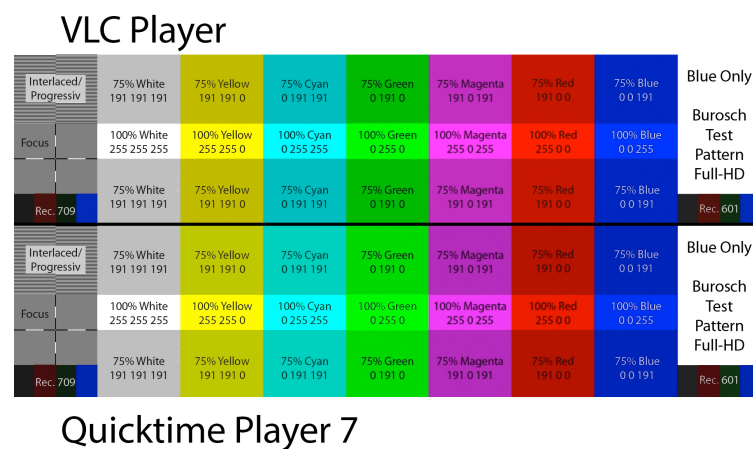


Abbildung 28: VLC vs. Quicktime 1 Mac OSX, Quelle: eigene Darstellung

In Abb. 28 lässt sich gut erkennen<sup>126</sup>, dass die Farben Gelb, Cyan, Grün, Magenta und Rot unterschiedlich dargestellt werden. Auch die RGB-Werte sprechen für sich. Beide Player weichen bis zu 10 Bitstellen von dem Original-Werten ab. Besonders hervorzuheben ist die Veränderung in den grünen Farben im Bild. Während der VLC Media Player mit RGB-Werten von 0-186-0 bei „75% Grün“ nur geringfügig (ca. 3%) vom Original (0-191-0) abweicht, liegen die Werte im Quicktime Player mit 0-218-0 (ca. 14 %) wesentlich weiter daneben.

<sup>126</sup> Aufgrund des Umstandes, dass der Druck auf Papier erfolgt und hier ebenso eine Farbraumtransformation von RGB auf CMYK stattfindet, können Unterschiede mit bloßem Auge eventuell schwer zu erkennen sein.

	Meßfelder Originalwerte vor Kodierung	Superweiss	Weiss	Superschwarz	schwarz	Gelb (75%)	Cyan (75%)	Grün (75%)	Magenta (75%)	Rot (75%)	Blau (75%)
		255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	191-191-0	0-191-191	0-191-0	191-0-191	191-0-0	0-0-191
Quicktime	Messwerte in Photoshop	Original	Original	Original	Original	191-200-0	0-208-189	0-218-0	180-45-187	182-21-0	0-36-185
VLC	Messwerte in Photoshop	Original	Original	Original	Original	193-187-0	0-190-191	0-186-0	196-48-194	199-23-0	0-39-193

Abbildung 29: Auszug Messprotokoll Test 3 Mac OSX, Quelle: eigene Darstellung

Dies wirkt sich vor allem auf die Hauttöne aus, wie in Abbildung 30 gut zu erkennen ist.



Abbildung 30: VLC vs. Quicktime 2 1 Mac OSX, Quelle: eigene Darstellung

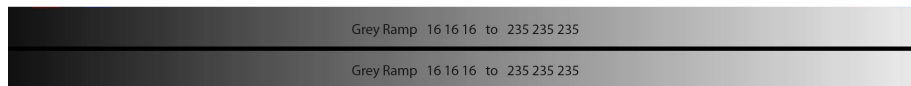
Der VLC Player stellt Hautfarben mit einem kleinen Gelbstich im Vergleich zum Quicktime Player dar. Auch in der Abbildung 31 lässt sich die Varianz in der Hautfarbe gut erkennen.



Abbildung 31: VLC vs. Quicktime 3 1 Mac OSX, Quelle: eigene Darstellung

Das Gamma beeinflusst den Kontrast eines Videos und damit den Helligkeitsverlauf von weiß zu schwarz.<sup>127</sup> Die im Testbild eingebaute Graurampe kann so helfen, nicht lineare Gammaverzerrungen aufzudecken.<sup>128</sup> Die Graurampe des Testbildes zeigt eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung von weiß zu schwarz. Ein Unterschied im Gamma-verlauf der beiden Programme ließ sich subjektiv nicht ermitteln.

## VLC Player



## Quicktime Player 7

Abbildung 32: Graurampe im Vergleich Mac OSX, Quelle eigene Darstellung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bilder im Quicktime Player vom Farbeindruck etwas „kühler“ wirkten als im VLC Media Player und die Bitwerte einzelner Farben eine größere Differenz zum Original aufzeigen.

### 5.2.3 Testergebnisse Testsystem Windows

Auch auf einem Windows System unterscheiden sich die Messwerte zwischen den beiden Videoplayern. Hierbei ist aber herauszuheben, dass der Quicktime Player für Windows erheblichen Einfluss auf die Gammakurve nimmt und zusätzlich zu den Farbwerten die Helligkeitswerte verfälscht:

	Meßfelder Originalwerte vor Kodierung	Superweiss	Weiss	Superschwarz	schwarz	Gelb (75%)	Cyan (75%)	Grün (75%)	Magenta (75%)	Rot (75%)	Blau (75%)
		255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	191-191-0	0-191-191	0-191-0	191-0-191	191-0-0	0-0-191
Quicktime	Messwerte in Photoshop	254-254-254	237-237-237	0-0-0	23-23-23	195-209-12	23-215-195	21-227-8	183-0-193	182-0-4	2-0-190
VLC	Messwerte in Photoshop	255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	187-202-6	15-210-188	14-222-4	175-0-185	174-0-1	0-0-182

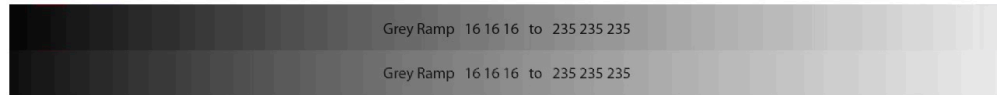
Tabelle 4: Auszug Messprotokoll Test 3 Windows, Quelle: eigene Darstellung

<sup>127</sup> Vgl. Stump, David: Digital Cinematography, Burlington M.A., 2014, S.286

<sup>128</sup> Vgl. Burosch, Klaus: Blue-Only Testbild, Technische Dokumentation [PDF], 2010, S.9,  
[http://burosch.de/images/Blue\\_Only\\_Technische\\_Dokumentation\\_Deutsch.pdf](http://burosch.de/images/Blue_Only_Technische_Dokumentation_Deutsch.pdf) (Zugriff am 07.06.15)

Die Graurampe zeigt dieses Phänomen noch wesentlich deutlicher:

## VLC Player



## Quicktime Player 7

*Abbildung 33: Graurampe im Vergleich Windows, Quelle: eigene Darstellung*

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Quicktime Player für Mac OSX und besonders für Windows aufgrund der Verfälschungen in den Farbwerten zur Rezeption von Videoinhalten nur bedingt geeignet ist.

## 6 Fehleranalyse

In den durchgeführten Tests wurde festgestellt, dass nur zwei Videos beim Dekodieren, also der Wiedergabe auf einem Endgerät, dem Original entsprachen. Daraus ergibt sich, dass nur eine bedingte Anzahl an Einstellung in den einzelnen Programmen zu einer richtigen Darstellung führt. Das folgende Kapitel soll mögliche Fehlerquellen bei den in Kapitel 4 und 5 durchgeführten Tests aufdecken.

### 6.1 Produktionsprozess

#### 6.1.1 Avid Media Composer: Import Videomaterial

Bevor die im Rahmen dieses Testes vorgenommenen Enkodiervorgänge erfolgen konnten, wurde das Videomaterial in das Schnittprogramm Avid Media Composer importiert. Dabei muss auf die Wahl der richtigen Einstellungen geachtet werden. Unter „File Pixel to Video Mapping“<sup>129</sup> in den Import-Einstellungen lässt sich beeinflussen, wie das Programm Farben behandelt.

Da das Testbild Bitwerte enthält, die im Rec709 Farbraum als Head- und Footroom definiert sind, muss beim Import unbedingt die Option „601 SD or 709 HD (16–235)“<sup>130</sup> unter „File Pixel to Video Mapping“ ausgewählt werden. Dadurch findet keine Veränderung an der Range des Videos statt. Wird fälschlicherweise „Computer RGB (0–255)“ ausgewählt, staucht das Programm die Videodaten auf einen Wertebereich von 16-235 Bit zusammen.

#### 6.1.2 Avid Media Composer: Export

Bei dem Export von Videomaterial in einen Intermediate-Codec wie „Same as Source“ zur weiteren Verarbeitung in einer Enkodiersoftware, ist die richtige Wahl der „Color Levels“ zwingend notwendig. Auch wenn das Video Bitwerte von 0-255 enthält, muss hierbei die Option „601/709“ gewählt werden. Die Bedienungsanleitung ist auch hier eher vage formuliert: „Exports the video according to the 601/709 color level limits (16-235)“<sup>131</sup>, was eigentlich bedeuten würde, dass kein Bitwert die TV-Norm übersteigt.

---

<sup>129</sup> Vgl. Avid Technology, Inc.: Avid Media Composer Editing Guide 8.0, 2014, S.1407

<sup>130</sup> s.o. S.1407

<sup>131</sup> s.o. S.976

Die durchgeführten Tests haben aber gezeigt, dass bei gewählter Einstellung „601/709“ ein Video ohne eine Veränderung der Range exportiert wird. Diese Vorgehensweise korrespondiert mit den Erläuterungen von Greg Staten zu dieser Problematik.<sup>132</sup>

### 6.1.3 Enkodiersoftware: Parameter für Export

Die Einstellungen der Enkodiersoftware sind als große Fehlerquelle zu betrachten. Lediglich Sorenson Squeeze lässt im Gegensatz zu den anderen getesteten Programmen umfangreiche Einflussnahme auf die Einstellungen beim Export zu. Mit der folgenden Einstellung lässt sich eine korrekte Farbwiedergabe auf Computersystemen erreichen, vorausgesetzt das Video liegt in einer Range von 0-255 vor und wurde wie in 6.1.2. korrekt als „Same as Source“ mit den Color Levels „601/709“ aus der Schnittapplikation exportiert.

#### Sorenson Squeeze

- Codec: x264
- Bitrate 10.000 – 50.000 kBit/s
- Set Black Normalization Level to 16: On
- Audio Sample Frequenz: 48 kHz (Standardmäßig wird der Wert 44,1 kHz durch das Programm vorgegeben)

#### Adobe Media Encoder

- Format: H.264
- Bitrate 10.000 – 50.000 kBit/s
- Profil: Hauptoption
- Level: 4.2
- Rendern mit maximaler Tiefe: „An“

---

<sup>132</sup> Vgl. Staten, Greg: The Avid Handbook, 5. Auflage, 2012, S.151



## TMPEnc Video Mastering

Da mit den durch dieses Programm enkodierten Videos keine korrekte Darstellung erreicht werden konnte, wird dieses Programm nicht zur Enkodierung empfohlen.

### 6.1.4 Unterschiedliche Encoder für H.264

Die in 6.1.3 beschriebenen vorgeschlagenen Einstellungen unterscheiden sich vor allem in dem verwendeten Codec. Während Sorenson Squeeze auf die freie Alternative „x264“ zurückgreift, setzt Adobe Media Encoder auf die kommerzielle Variante. Da mit beiden Codecs zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden konnten, lassen sich beide grundsätzlich empfehlen. Da aber die Einflussnahme durch den Nutzer beim Codec „x264“ wesentlich höher ist und auch viele weitere Einstellungen vorgenommen werden können, ist dieser Codec für den ambitionierten Nutzer zu empfehlen.

## 6.2 Rezeptionsprozess

### 6.2.1 Mediaplayer dekodiert Video

Im Rezeptionsprozess steht an erster Stelle die Wahl des Videoplayers. Wie in Test 2 bewiesen, werden nur Videodateien korrekt angezeigt, die sich in der TV-Norm Rec.709 mit einer Range von 16-235 befinden. Werden diese Werte überschritten, kommt es zur fehlerhaften Darstellung, wie das File „Test1\_AVID\_709\_H264“ beweist. Es enthält die Full-Range von 0-255, bei der Darstellung im VLC Media Player fehlen aber wichtige Details in hellen wie dunklen Bildbereichen. Auch der VideoLan-Präsident Jean-Baptiste Kemper meint zu dem Problem: „But so far, VLC applied 601 to SD content and 709 to HD content, regardless of the flag.“<sup>133</sup>

Der Videoplayer nimmt intern eine Übertragung der kleineren Studio-Range auf die Full-range vor. Exkurs: Auch der Web-Videoplayer des Videoportals Youtube<sup>134</sup> stellt nur Videos in Studio-Range<sup>135</sup> korrekt dar, wie Nico Häntzschel in seiner Arbeit berichtet.

---

<sup>133</sup> Kempf, Jean-Baptiste: *Studio Swing 16-235 to Full Swing Conversion Options* in: Forum.videolan.org; <https://forum.videolan.org/viewtopic.php?f=7&t=125361> (Zugriff am 20.05.15)

<sup>134</sup> Youtube, erreichbar unter <https://www.youtube.com> (Zugriff am 13.06.15)

<sup>135</sup> Häntzschel, Nico: *Fazit* in: Broadcast Yourself – aber richtig, Mini-BA, Hochschule Mittweida, 2014

Folgendermaßen ist die Konversion als potenzielle Fehlerquelle bei der Dekodierung von Videomaterial zu betrachten, da es hier zu einer „Streckung“ der Videoinhalte kommt. Wie diese Konversion stattfinden, lässt sich nicht durch den Nutzer einstellen. Das dabei Fehler auftreten, liegt an der Multiplikation von 16-235 zu 0-255. Um den Unterschied in der Range auszugleichen, muss jeder Wert mit  $255/219$  (ca: 1,16) multipliziert werden.<sup>136</sup> Dabei gibt es nicht für jeden der 255 Werte in der Ausgabe einen korrespondierenden Wert in der Eingabe, weshalb einige Bitwerte fehlen. Auch Rundungsfehler sind nicht ausgeschlossen.

## 6.2.2 Grafikkarte sendet Daten an Monitor

Nachdem das Video durch den Videoplayer dekodiert wurde, wird das Bild über die Grafikkarte an den Monitor weitergegeben. Daher stellen auch die Einstellmöglichkeiten der Grafikkarte eine potenzielle Fehlerquelle dar.

Alle PC-Grafikkarten im Farbraum sRGB arbeiten bei der Darstellung von Computergrafiken in einer Range von 0 bis 255.<sup>137</sup> Dekodiert der Videoplayer das Video, sendet er die YCbCr-Daten an die Grafikkarte. Die Grafikkarte muss nun die YCbCr-Daten in RGB-Daten umwandeln, damit der Bildschirm diese darstellen kann.<sup>138</sup> Auch die Transformation von der Studio-range auf Full-range kann je nach Einstellung des Videoplayers die Grafikkarte übernehmen. Die Einstellung der Grafikkarte bei PCs mit NVIDIA-Grafikkarte muss hierfür erst vom Nutzer geändert werden, wie Sekhar Padikkal auf seinem Blog schreibt.<sup>139</sup>

Dazu wird das „NVIDIA Control Panel“ geöffnet und unter „Adjust video color settings“ die richtige „Dynamic Range“ von „Full 0-255“ gewählt.

## 6.2.3 Monitor stellt Video dar

Der nächste Schritt in der Prozesskette ist der Monitor. Die Qualität der Darstellung unterscheidet sich von Modell zu Modell und günstige Monitore können häufig nicht den hohen Qualitätsanforderungen entsprechen. Deswegen ist eine sorgfältige Kalib-

---

<sup>136</sup> Vgl. Poynton, Charles: Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012, S.384

<sup>137</sup> s.o. S.374

<sup>138</sup> Member „jagabo“: *Comment #5* in: Forum.videohelp.com,

<http://forum.videohelp.com/threads/329866-incorrect-collor-display-in-video-playback> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>139</sup> Padikkal, Sekhar: *FIX Washed Out Colors or Black Levels in VLC player* in: Sekhar Padikkals Blog, <https://sekharpadikkal.wordpress.com/tag/vlc-player-black-level-colors/> (Zugriff am 23.05.13)

rierung und Profilierung sehr wichtig. Dabei gibt es unterschiedliche Methoden diese vorzunehmen. Grundsätzlich kann man zwischen hardwarebasierten Lösungen und Lösungen „nach Augenmaß“ unterscheiden. Windows wie Mac bieten dem Nutzer die Möglichkeit, anhand einfacher Testbilder eine Kalibrierung vorzunehmen. Die Einstellungen finden sich beim PC unter „Systemeinstellungen“ - „Monitore“ und „Kalibrierung“. Beim Mac wird das Programm über „Systemeinstellungen“ - „Monitore“ - „Farben“ - Kalibrierung gestartet. Wichtig ist dabei, die Einstellungen wie folgt vorzunehmen:

- Display-Gamma: 2,2
- Farbtemperatur: 6500 K
- Farbraum: sRGB

Diese Werte basieren zum einen auf den Vorgaben für Rec.709<sup>140</sup> wie auch dem sRGB Standard.<sup>141</sup> Wichtig ist hier bei zu wissen, dass auch die Hintergrundbeleuchtung eines LCD's eine native Farbtemperatur besitzt. Weicht diese von der Vorgabe von 6500 K ab, sollte eher die native Farbtemperatur gewählt werden, da sonst der Farbumfang des Monitors reduziert werden würde.<sup>142</sup>

Die softwareseitig eingebauten Kalibrierungstools von Mac und PC basieren auf Augenmaß des Nutzers. Da jeder Nutzer unterschiedliche physiologische Eigenschaften mit sich bringt, kann hier aber nicht mit einer korrekten Kalibrierung und Profilierung gerechnet werden. Um die Ergebnisse zu verbessern, sollte darauf geachtet werden, kein direktes Licht auf den Monitor zu geben und generell die Umgebung dunkel zu halten.<sup>143</sup> Weitere Testbilder zur eigenständigen Kalibrierung finden sich im Internet. Han-Kwang Nienhuys stellt auf seiner Website<sup>144</sup> umfangreiche Testbilder zur Verfügung, um den Bildschirm auch ohne teure Hardware zu kalibrieren.

---

<sup>140</sup> ITU: *ITU-R BT.709-4*, Geneva, 2000, S.18

<sup>141</sup> Stokes, Michael: *A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB* in: W3.org, <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB>, erstmals veröffentlicht, 1996 (Zugriff am 14.05.15)

<sup>142</sup> Vgl. McHugh, Sean: *Monitor calibration for photography* in: Cambridgeincolour.com, <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/monitor-calibration.htm> (Zugriff am 23.05.15)

<sup>143</sup> Vgl. Walters, Ryan E.: *A Complete Guide to Setting Up a Home Color Grading Suite* in: No-filmschool.com,

<http://nofilmschool.com/2012/09/complete-guide-setting-up-home-color-grading-suite> (Zugriff am 09.06.15)

<sup>144</sup> Nienhuys, Han-Kwang: *The lagom LCD monitor test pages* in: Lagom.nl, <http://www.lagom.nl/lcd-test/> (Zugriff am 23.05.15)

Eine wirklich gute Kalibrierung und Profilierung des Monitors kann nur mit der in Kapitel 3.2.4 beschriebenen Hardware erreicht werden. Ob Nutzer und Agenturkunden hier investieren wollen, muss aber einzeln geklärt werden.

## 6.2.4 Nutzer sieht Video

Der letzte Punkt in der Kette zur Rezeption eines Videos und dem Farbempfinden ist der Mensch. Dabei wirken die Betrachtungssituation (räumliche Verhältnisse) und die eigenen physiologischen Voraussetzungen auf das Farbempfinden ein.

Wie im Kapitel 3 bemerkt, spielen Simultankontraste bei der Farbwirkung eine große Rolle. Deswegen wird bei der Einrichtung von professionellen Farbkorrekturplätzen auch besonderen Wert auf Wandfarben und Umgebungslicht gelegt. Diese Vorgaben lassen sich auch zu Teilen auf den Endnutzer übertragen.

### Wandfarben um den Monitor

Das Auge bewertet Farben an Hand der umgebenden Farben, wie schon in Kapitel 3.1.2. festgestellt wurde. Um den Monitor sollte die Wand ein neutrales 18% Grau haben.<sup>145</sup> So ist es möglich Farben ohne äußeren Einfluss zu beurteilen.

### Umgebungslicht: Helligkeit

Das Umgebungslicht darf nie direkt auf ein Display fallen, sondern sollte nur indirekt die Wand um das Display beleuchten. Wichtig ist auch die Helligkeit. Bei einem vorausgesetzten Gamma von 2.2 und Büro-Konditionen sollte das Umgebungslicht nur etwa 20% von der maximalen Helligkeit des Monitors bei angezeigtem 100%-Weiß betragen.<sup>146</sup> Dies gilt, wenn die Helligkeit des Monitors etwa 200-320 cd/m<sup>2</sup> beträgt.<sup>147</sup>

### Umgebungslicht: Farbtemperatur

Genauso wie die Helligkeit ist auch die Farbtemperatur des Umgebungslichtes entscheidend. Sie sollte ebenso wie die Farbtemperatur des Monitors bei 6500 K liegen.<sup>148</sup>

---

<sup>145</sup> Vgl. Hurkman, Alexis van: Color Correction Handbook, 2.Auflage, USA, 2014, S.62

<sup>146</sup> Vgl. s.o. S.62

<sup>147</sup> Vgl. s.o.

<sup>148</sup> Vgl. s.o S.63

Damit ein Kunde einen Eindruck von den Farben mitteilen kann, sollte er eine Situation schaffen, die zu mindestens ähnlich den oben genannten Vorgaben für ein Farbkorrekturplatz entsprechen. Im Büro sollte direktes Licht auf dem Monitor vermieden werden. Außerdem sind unterschiedliche Lichtquellen, wie eine Schreibtischlampe und das von außen hereinkommende Tageslicht zu vermeiden, da sich die Lichtquellen stark in ihrer Farbtemperatur unterscheiden (6500 K Tageslicht bei bedecktem Himmel zu 3200 K eines Halogenbrenners).<sup>149</sup>

---

<sup>149</sup> Vgl. Heinen, Gerd: AV Medientechnik, 2. Auflage, Haan-Gruiten, 2014, S.72

## 7 Vorgaben

Die folgenden Vorgaben basieren auf den Erkenntnissen dieser Arbeit und stellen zusammenfassend die Ergebnisse dar. Sie sollen als Richtlinien für die Produktion dienen und Kunden helfen, mögliche Fehlerquellen bei der Betrachtung auszuschließen.

### 7.1 Für Kunden

#### Monitoreinstellungen

- Display Gamma: 2,2
- Farbraum: sRGB
- Farbtemperatur: 6500 K
- Monitorkalibrierung und Profilierung per Hardware empfohlen

#### Software

- VLC Media Player für Mac OSX wie Windows

#### Einstellungen PC mit NVIDIA-Grafikkarte

- Im „NVIDIA Control Panel“ unter „Adjust video color settings“, die „Dynamic Range“ auf „0-255“ setzen

#### Betrachtungssituation

- Neutrale Wandfarben (weiß/grau)
- Optimal ist 18% Grau

#### Umgebungslicht

- direktes Licht auf Monitor vermeiden
- Umgebungslicht bei Möglichkeit auf Minimum reduzieren
- verschiedene Lampen haben unterschiedliche Farbtemperaturen, daher nur eine Lampenart verwenden
- optimale Farbtemperatur: 6500 K (entspricht etwas Tageslicht)

## 7.2 Für die Produktion

### Hintergrund

Computersysteme arbeiten bei der Darstellung von Inhalten im Farbraum sRGB in einer Range von 0-255 Bit, vorausgesetzt der Monitor wird mit 8-Bit angesteuert.

Videoplayer auf Computersystemen erwarten Videodateien mit einer Range von 16-235 und erweitern diese beim Abspielen auf eine Range von 0-255. Werden Videos falsch exportiert, kann es zu fehlenden Details in dunklen wie hellen Bildregionen führen.

### Exporteinstellungen in Avid Media Composer

- Voraussetzung: Farbkorrigiert in Full Range
- Same as Source
- Farbraum: 601/709
- → führt zu Export in Full Range

### Exporteinstellungen in Sorenson Squeeze

Im Untermenü „Video“ des Programmes, sollten die Preset-Einstellungen wie folgt gewählt werden:

- „Codec“: x264
- „Data Rate, Target“: 10.000 – 50.000 kBit/s
- „Set Black Normalization Level to 16“: On

Im Reiter „Audio“:

- „Sample Rate“: 48000 Hz

### Exporteinstellungen in Adobe Media Encoder

- Format: H.264
- Profil: Hauptoption, Level: 4.2
- Maximale Renderqualität verwenden: An

**Kontrolle**

Eine Kontrolle der Videodateien kann, sofern Avi Media Composer das Format unterstützt, per „AMA-Link“ im Schnittprogramm erfolgen. Ist eine Stauchung der Range von 0-255 Bit auf 16-235 Bit im Waveformmonitor zu beobachten, ist das Video korrekt für eine Darstellung auf einem Computersystem exportiert.



## 8 Schlussbetrachtungen

Wie die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit gezeigt haben, spielen viele Faktoren bei der Rezeption von Farben eines Videos eine große Rolle. Dabei ist sowohl auf Kunden-, wie auf Produktionsseite eine Auseinandersetzung mit der Thematik erforderlich. Es stellte sich heraus, dass bei der Darstellung von Videos auf Computersystemen der Unterschied zwischen Studio- und Full-range als größte Fehlerquelle zu betrachten ist.

Videos sollten bei der finalen Enkodierung für die Darstellung auf Computersystemen ebenso wie für die Darstellung auf TV-Endgeräten die Norm Rec.709 der ITU einhalten. Über- oder unterschreiten die Bitwerte im Video die festgelegten Maximalwerte von 16 und 235 Bit, gehen Details in hellen wie dunklen Bildbereichen verloren und das allgemeine Erscheinungsbild des Videos entspricht nicht mehr dem Original. Wird in der Farbkorrektur die Full-Range genutzt, muss beim Enkodieren in einen Delivery-Codec auf eine Stauchung des Videoinhalts auf die Studio-Range geachtet werden.

Kunden müssen zur Beurteilung von Videos auf die Betrachtungssituation, die Wahl der richtigen Software und die Kalibrierung ihrer Hardware achten. Die Zusammenfassungen in Kapitel 7 können erste Ansatzpunkte geben, die Zusammenarbeit zwischen einer Agentur und einer Postproduktion zu verbessern.

Letztendlich ist es bei der Masse an unterschiedlichen Endgeräten schwer, eine einheitliche Farbdarstellung zu gewährleisten. Vor allem bei Verbrauchergeräten sind die Einstellmöglichkeiten häufig begrenzt und erlauben dem Nutzer nicht, tiefgreifende Einstellungen vorzunehmen. Unterschiedliche Grafikkarten, Monitore und Softwareversionen nehmen Einfluss auf die Farbdarstellung und können sich von Nutzer zu Nutzer unterscheiden. Dabei ist nicht leicht zu bestimmen, welcher Teil des Prozesses die Farbunterschiede verursacht. Dazu müsste genauer betrachtet werden, wie die Enkodierung von Videos bei der Darstellung auf Computersystemen funktioniert.

Für eine Farbkorrektur in der Full-Range kann diese Arbeit für die Beteiligten der Postproduktion Ansatzpunkte zum Verständnis geben und liefert Voreinstellungen für die gängigsten Programme. Da Arbeitsabläufe von der hier beschriebenen Vorgehensweise abweichen können, muss im Einzelfall immer eine Kontrolle durchgeführt werden. Dies ist per AMA-Link im Avid Media Composer oder durch eine Sichtkontrolle in Adobe Photoshop mit Benutzung der Farbpipette möglich. Für eine Farbkorrektur in der Studio-Range müssten die Testabläufe wiederholt werden, um genaue Voreinstellungen für Enkodierprogramme liefern zu können.

---

Kunden und die Postproduktion sind dafür verantwortlich, dass ein Video korrekt dargestellt wird. Was Lila ist, sollte schließlich auch immer Lila bleiben.

# Literaturverzeichnis

## Monografien

Heinen, Gerd

AV-Medientechnik, 2. Auflage, Haan-Gruiten, 2014

Henning, Peter A.

Taschenbuch Multimedia, 4. Auflage, München, 2007

Hurkman, Alexis Van

Color Correction Handbook, 2. Ausgabe, USA, 2014

Leute, Ulrich

Optik für Medientechniker, Leipzig, 2011

Poynton, Charles

Digital Video and HD, 2. Auflage, Waltham MA, 2012

Schlicht, Hans-Jürgen

Bildverarbeitung digital • Scanner • Drucker • Video • Multimedia unter Windows, 2. Auflage, Bonn, 1995

Schmidt, Ulrich

Professionelle Videotechnik, 6. Auflage, Hamburg, 2013

Strutz, Tilo

Bilddatenkompression, 4. Auflage, Wiesbaden, 2009

Stump, David

Digital Cinematography, Burlington MA, 2014

Webers, Johannes

Handbuch der Film & Videotechnik, 8. Auflage, Poing, 2007

## Sammelwerke

Möllering ,Detlef / Slansky, Peter C.

Handbuch der professionellen Videoaufnahme, 2. Auflage, Essen, 1993

Staten, Greg / Bayes ,Steve

The Avid Handbook, 5. Auflage, Burlington, MA, 2012

## Veröffentlichung von Institutionen

Avid Technology, Inc.

Avid Symphony Effects and Color Correction Guide 6.5 [PDF], 2012

Avid Technology, Inc.

Media Composer Editing Guide 8.0 [PDF], 2014

Adobe Systems Inc.:

*Adobe Media Encoder* in: Adobe.com,

<https://creative.adobe.com/de/products/media-encoder>

(Zugriff am 19.06.15)

Adobe Systems Inc.:

Color management workflow in Adobe After Effects [PDF]

[http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/aftereffects/articles/color\\_management\\_workflow/ae\\_color\\_mgmt\\_wkflow.pdf](http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/aftereffects/articles/color_management_workflow/ae_color_mgmt_wkflow.pdf)

(Zugriff am 13.06.15)

EBU:

EBU Tech 3320 [PDF], 3. Auflage, Geneva, 2014

<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3320.pdf>

(Zugriff am 14.06.15)

ITU

ITU-R BT.709-4 (PDF), Geneva, 2000

ITU

Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television [PDF],

Geneva, 2004

## Hochschulschriften

Häntzschel, Nico

Broadcast Yourself – aber richtig, Mini-BA, Hochschule Mittweida, 2014

## Internetquellen

Anders, Torge

*CIE-Normfarbtafel* in: Wikimedia

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/CIE-Normfarbtafel.png>

(Zugriff am 10.05.15)

**Apple Inc.**

*Quicktime* in: Apple.de

<https://www.apple.com/de/quicktime/extending/index.html>

(Zugriff am 13.05.15)

**Beitinger, Andreas:**

*Kalibrierung und Profilierung – der große Unterschied* in: Fotovideotec.de

[http://fotovideotec.de/kalibrierung/kalibrierung\\_profilierung\\_unterschied.html](http://fotovideotec.de/kalibrierung/kalibrierung_profilierung_unterschied.html)

(Zugriff am 23.05.15)

**Blulife GmbH & Co.KG**

*Codec* in: Bluray-disc.de

<http://www.bluray-disc.de/lexikon/codec>

(Zugriff am 11.09.2014)

**Burosch, Klaus**

*Der Farbraum in der Theorie* in: Burosch.de

<http://burosch.de/technik/395-farbraum.html>

(Zugriff am 23.05.15)

**Burosch, Klaus**

Blue-Only Testbild, Technische Dokumentation [PDF], 2010

[http://burosch.de/images/Blue\\_Only\\_Technische\\_Dokumentation\\_Deutsch.pdf](http://burosch.de/images/Blue_Only_Technische_Dokumentation_Deutsch.pdf)

(Zugriff am 07.06.15)

**Channelunit GmbH**

*DNxHD* in: Slashcam.de

<http://www.slashcam.de/multi/Glossar/DNxHD.html>

(Zugriff am 21.05.15)

**Chip Digital GmbH:**

*Top 100 Mediaplayer - Downloads der Woche* in: Chip.de [http://www.chip.de/Downloads-Download-Charts-Top-100-der-Woche\\_32368489.html?xbl\\_category=38950](http://www.chip.de/Downloads-Download-Charts-Top-100-der-Woche_32368489.html?xbl_category=38950)

(Zugriff am 14.05.15)

**Datacolor**

*Spyder5Pro* in: Datacolor.de

<http://spyder.datacolor.com/portfolio-view/spyder5pro/>

(Zugriff am 23.05.15)

**Duden**

*Quantisierung* in: Duden.de

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Quantisierung>

(Zugriff am 13.05.15)

Ford, Adrian

Colour Space Conversions [PDF], 1998

<http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf>

(Zugriff am 14.05.15)

Gaum, Stefan

*Simultan-Kontrast* in: Lehrerfortbildung-bw.de

<http://lehrerfortbildung-bw.de/kompetenzen/gestaltung/farbe/kontrast/simu-kon/>

(Zugriff am 10.05.15)

Hüningen, James zu

*Farbtemperatur* in: Lexikon der Filmbegriffe

<http://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=154>

(Zugriff am 24.05.15)

Infotip Service GmbH

*i* in: Kompendium.infotip.de

<http://kompendium.infotip.de/farbraeume-und-farbmodelle.html>

(Zugriff am 09.06.15)

Johnson, Tom:

*What is Color Banding* in: Ehow.com

[http://www.ehow.com/facts\\_7521940\\_color-banding.html](http://www.ehow.com/facts_7521940_color-banding.html)

(Zugriff am 21.05.15)

Jurran, Nico

*HDTV ohne analoges Loch* in: CT Magazin

<http://www.heise.de/ct/artikel/HDTV-ohne-analoges-Loch-289758.html>

(Zugriff am 14.06.15)

Kempf, Jean-Baptiste

*Studio Swing 16-235 to Full Swing Conversion Options* in: Forum.videolan.org

<https://forum.videolan.org/viewtopic.php?f=7&t=125361>

(Zugriff am 20.05.15)

Lipinski, Klaus

*Farbraum* in: ITwissen.info

<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Farbraum-color-space.html>

(Zugriff am 10.05.15)

Lipinski, Klaus

*Containerformat* in: IT-wissen.info

<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Containerformat-container-format.html>

(Zugriff am 02.06.15)

McHugh, Sean

*Monitor calibration for photography* in: Cambridgeincolour.com

<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/monitor-calibration.htm>

(Zugriff am 23.05.15)

Member „jagabo“

*Comment #5* in: Forum.videohelp.com

<http://forum.videohelp.com/threads/329866-incorrect-collor-display-in-video-playback>

(Zugriff am 23.05.15)

Merrit, Loren

*Introduction* in: X264: A HIGH PERFORMANCE H.264/AVC ENCODER

[http://akuvian.org/src/x264/overview\\_x264\\_v8\\_5.pdf](http://akuvian.org/src/x264/overview_x264_v8_5.pdf)

(Zugriff am 02.06.15)

Mietke, Detlef

*Vom Elektron zur Elektronik* in: Elektroniktutor.de

<http://elektroniktutor.de/technologien/tftlcd.html>

(Zugriff am 13.06.15)

Mischler, Georg:

Glossar der Lichtplanung in: Schorsch.com

<http://www.schorsch.com/de/wissen/glossar/adaption.html>

(Zugriff am 24.05.15)

Mücher ,Michael

*DNxHD* in: Bet.de

<http://www.bet.de/lexikon/dnxhd/>

(Zugriff am 02.06.15)

Niemietz, Ricardo Cancho

Gamma on TV in: Wikimedia.org

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamma\\_on\\_TV.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamma_on_TV.png)

(Zugriff am 11.06.15)

Nienhuys, Han-Kwang

The lagom *LCD monitor test pages* in: Lagom.nl

<http://www.lagom.nl/lcd-test/>

(Zugriff am 23.05.15)

Padikkal, Sekhar

*FIX Washed Out Colors or Black Levels in VLC player* in: Sekhar Padikkals Blog

<https://sekharpadikkal.wordpress.com/tag/vlc-player-black-level-colors/>

(Zugriff am 23.05.13)

**Pegasys Inc:**

*TMPEnc Video Mastering* in: TMPEnc

[http://tmpgenc.pegasys-inc.com/de/product/index\\_video.html](http://tmpgenc.pegasys-inc.com/de/product/index_video.html)

(Zugriff am 03.06.15)

**PRAD ProAdvisor GmbH & Co. KG**

*Testbericht Eizo CG243W Teil 10* in: Prad.de

<http://www.prad.de/new/monitore/test/2009/test-eizo-cg243w-teil10.html/test-eizo-cg243w-teil13.html>

(Zugriff am 18.06.15)

**Schelhorn, Mike**

*Monitorkalibration Teil 1* in: Digitalkamera.de

[http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Monitorkalibration\\_Teil\\_1\\_\\_generelle\\_Tipps/3476.aspx](http://www.digitalkamera.de/Fototipp/Monitorkalibration_Teil_1__generelle_Tipps/3476.aspx)

(Zugriff am 03.06.15)

**Siebert, Marco**

*Avid Media Composer Software* in: Picturetools.de

[http://www.picturetools.de/Hersteller/Avid/Avid\\_Media\\_Composer?NS=1](http://www.picturetools.de/Hersteller/Avid/Avid_Media_Composer?NS=1)

(Zugriff am 13.05.15)

**Sorenson Media**

*Squeeze* in: Sorensonmedia.com

<http://www.sorensonmedia.com/squeeze/>

(Zugriff am 03.06.15)

**Stokes, Michael**

*A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB* in: W3.org

<http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB,1996>

(Zugriff am 14.05.15)

**Sudhakaran, Sareesh**

*Understanding MPEG-2, MPEG-4, H.264, AVCHD and H.265* in: Wolfcrow.com

<http://wolfcrow.com/blog/understanding-mpeg-2-mpeg-4-h-264-avchd-and-h-265/>

(Zugriff am 02.06.15)

**Tektronix Inc.:**

*WFM5200 Waveform Monitor* in: Tek.com

<http://www.tek.com/waveform-monitor/wfm5200>

(Zugriff am 13.05.15)

**VideoLAN**

*Startseite* in: Videolan.org

<https://www.videolan.org/vlc/>

(Zugriff am 13.05.15)



**Vitrolite**

*The Quicktime Gamma Bug* in: Vitrolite.wordpress.com  
[https://vitrolite.wordpress.com/2010/12/31/quicktime\\_gamma\\_bug/](https://vitrolite.wordpress.com/2010/12/31/quicktime_gamma_bug/)  
(Zugriff am 14.06.15)

**Wagner, Patrick**

Farbwahrnehmung in: ScanDig  
<http://www.filmscanner.info/Farbwahrnehmung.html>  
(Zugriff am 13.06.15)

**X-Rite:**

ColorMunik Display in: Xrite.com  
<http://www.xrite.com/colormunki-display>  
(Zugriff am 23.05.15)

**Video****Sorenson Media**

*Black Level Normalization – Sorenson Squeeze* in: Video, veröff. bei YouTube am 30.03.11  
<https://www.youtube.com/watch?v=CetLc4Hn-Mk>, hier 0:30-1:00Min  
(Zugriff am 18.06.15)

# Anlagen

Anlage 1: Test 1 – Durchführungsbestimmungen.....	XIX
Anlage 2: Test 1 – Spezifikationen der Testsequenz.....	XX
Anlage 3: Test 1 – Allgemeine Testbedingungen.....	XXI
Anlage 4: Test 1 – Exporteinstellungen.....	XXII
Anlage 5: Test 1 – Versuchsprotokoll.....	XXIV
Anlage 6: Test 2 – Testbedingungen.....	XXV
Anlage 7: Test 2 – Versuchsprotokoll.....	XXVI
Anlage 8: Test 3 – Versuchsprotokoll Mac OSX.....	XXVII
Anlage 9: Test 3 – Versuchsprotokoll Windows.....	XXVIII

## Anlage 1: Test 1 – Durchführungsbestimmungen

### Test 1 - Export in Delivery-Codec - Durchführung -

Schritt	Was
1	<p><b>Export aus Avid Media Composer</b></p> <p>Die Testsequenz wird aus dem Schnitt exportiert. Dabei werden die Parameter zum Export in 2 Einstellungen variiert. Einmal wird ein "Same as Source" herausgegeben. Das heißt, die Videodateien werden ohne Neukodierung in ein Mov.Container geschrieben. Dies dient zur weiteren Enkodierung in eine Kodiersoftware wie Adobe Media Encoder. Erst dort wird die für den Kunden anzeigbare Videodatei erstellt. Auch Avid Media Composer kann Videodaten im Format H.264 erzeugen.</p>
2	<p><b>Export in Delivery Codec</b></p> <p>Die in Avid Media Composer exportierten "Same as Source" Videodatei en durch 3 verschiedene Kodiersoftware in ein H.264 Videodatei umgewandelt. Dabei werden die Einstellungen und ihr Einfluss auf die Farben des Videos untersucht</p>
3	<p><b>Reimport per AMA-Link</b></p> <p>Die nun erstellten Dateien werden über die Funktion "AMA-Link" wieder in Avid Media Composer importiert. Diese Funktion ermöglicht es Videos, ohne erneute Umkodierung in dem Programm zu betrachten und zu bearbeiten. Hier werden die in Schritt 1 und 2 erstellten Videos über die eingebauten Messinstrumente Waveform-Monitor und Vektorskope hinsichtlich ihrer Farben, ihres Codebreite (Range) und der Gammakurve untersucht. Wird eine Veränderung zur Originalen Testsequenz festgestellt, ist das Video nicht farbecht.</p>

### Test 1 - Export in Delivery-Codec - Durchführung -

#### Bezeichnung Videodateien

*Test#Nr\_AVID\_#ColorLevels\_#Format1\_#Kodiersoftware\_#Format2\_#X*

#Nr	Bezeichnet den durchgeführten Test
#ColorLevels	Gibt die in den Exporteinstellungen von Avid Media Composer gewählte "Color Levels"-Einstellung an
#Format1	Avid Media Composer: Gibt den gewählten Codec des Videos an.
#Enkodiersoftware	Gibt die zur Weiterverarbeitung des Videos verwendete Software an.
#Format2	Gibt den in der Enkodiersoftware verwendeten Codec an.
#X	Gibt in der Enkodiersoftware besonders gewählte Einstellungen an

*BEISPIEL: Test1\_AVID\_RGB\_SaS\_SO\_H264\_16\_235*

#### Abkürzungen

<b>AM</b>	AdobeMediaEncoder
<b>SO</b>	SorensonSqueeze
<b>TMPEnc</b>	TMPEnc Video Masterin
<b>H264</b>	Codec H.264

## Anlage 2: Test 1 – Spezifikationen der Testsequenz

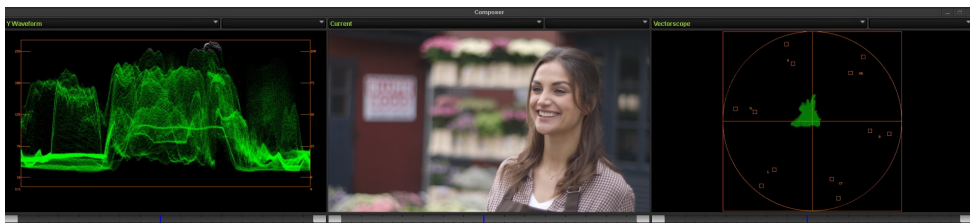
### Bilderabfolge

00:00-00:01	(Kein Videoinhalt)
00:01-00:06	Testbild 1
00:06-00:07	(Kein Videoinhalt)
00:07-00:08	Testbild 2 (0-255)
00:08-00:09	Testbild 2 (16-235)
00:09-00:10	(Kein Videoinhalt)
00:10-00:12	Testbild 3 (0-255)
00:12-00:14	Testbild 3 (16-235)

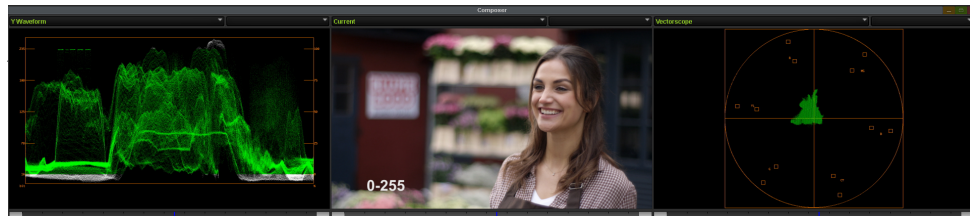
### Testbild 1



### Testbild 2 16-235



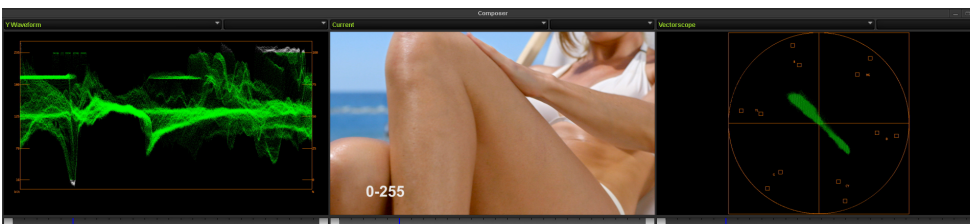
### Testbild 2 0-255



### Testbild 3 16-235



### Testbild 3



## Anlage 3: Test 1 – Allgemeine Testbedingungen

### Testbedingungen

#### Programmversionen

1	Schnittprogramm	Avid Media Composer	7.0.3
2	Kodiersoftware	Adobe Media Encoder	6.0.3.1
3	Kodiersoftware	Sorrenson Squeeze	8.5
4	Kodiersoftware	TMPEGEnc Video Mastering Works	5.4.2.103
5	Betriebssystem	Windows 7 SP 1	

#### Projektsettings Avid Media Composer

Project Type: 1080p/25  
Color Space: YCbCr 709  
Aspect Ratio: 16:9  
Materialimport: DNxHD 185 X

#### Testsequenz Daten

Timecode	Inhalt	Timecode	Inhalt
00:00-00:01	(kein Videoinhalt)	00:08-00:09	Testbild 2 (16-235)
00:01-00:06	Testbild 1	00:09-00:10	(kein Videoinhalt)
00:06-00:07	(kein Videoinhalt)	00:10-00:12	Testbild 3 (0-255)
00:07-00:08	Testbild 2 (0-255)	00:12-00:14	Testbild 3 (16-235)

## Anlage 4: Test 1 – Exporteinstellungen

Avid Media Composer	Dateiname	Test1_AVID_RGB_SaS.	Test1_AVID_709_Sa	Test1_AVID_RGB_	Test1_AVID_709_H
		mov	S.mov	H264.mov	264.mov
Einstellung	Color Levels	RGB	601/709	RGB	601/709
	Einstellung	Same As Source	Same As Source	Custom	Custom
	Codec	DNxHD 185X	DNxHD 185X	H.264	H.264
	Bitrate in kbit/sec			50.000	50.000
	Encoding:			Best quality (Multi-pass)	Best quality (Multi-pass)
Adobe Media Encoder	Dateiname	Test1_AVID_RGB_AM_H	Test1_AVID_709_AM		
		264.mp4	_H264.mp4		
Einstellung	Grundlage	Test1_AVID_RGB_SaS.	Test1_AVID_709_Sa		
	Codec	mov	S.mov		
	Codec	H.264	H.264		
	Bitrate in kbit/sec (CBR)	50.000	50.000		
	Profil	Hauptoption	Hauptoption		
	Level	4.2	4.2		
	Maximale Render Qualität verwenden	ja	ja		
Sorenson Squeeze	Dateiname	Test1_AVID_RGB_SO_H	Test1_AVID_709_SO	Test1_AVID_RGB_	Test1_AVID_709_S
		264_0_255	_H264_0_255	SO_H264_16_235	O_H264_16_235
Einstellung	Grundlage	Test1_AVID_RGB_SaS.	Test1_AVID_709_Sa		
	Codec	mov	S.mov		
	Codec	Mainconcept H.264	Mainconcept H.264	Mainconcept H.264	Mainconcept H.264
	Bitrate in kbit/sec (CBR)	50.000	50.000	50.000	50.000
	Set Black Normalization				
	Level to 16	no	yes	no	yes
	Color Range	Range 0-255, ITU-Rec	Range 0-255, ITU-Rec	Range 16-235, ITU-Rec	Range 16-235, ITU-Rec
	Coefficients	BT.709	BT.709	BT.709	BT.709
TMPEnc	Dateiname	Test1_AVID_RGB_TMP	Test1_AVID_709_TM		
		GEnc_H264.	PGEH_H264		
Einstellung	Grundlage	Test1_AVID_RGB_SaS.	Test1_AVID_709_Sa		
	Videoencoder	mov	S.mov		
	Videoencoder	x264	x264		
	Bitrate in kbit/sec (CBR)	50.000	50.000		
	Videoformat	PAL	PAL		
	Grundfarben	ITU-Rec BT.709	ITU-Rec BT.709		
	Getriebeeigenschaft	ITU-Rec BT.709	ITU-Rec BT.709		
	haften	ITU-Rec BT.709	ITU-Rec BT.709		
	Matrikkoeffizient	ITU-Rec BT.709	ITU-Rec BT.709		

Sorenson Squeeze	Dateiname	Test1_AVID_RGB_SO_H	Test1_AVID_709_SO	Test1_AVID_RGB_	Test1_AVID_709_S
		264_0_255_V2	_H264_0_255_V2	SO_H264_16_235_	O_H264_16_235_V
Einstellung		Test1_AVID_RGB_SaS.	Test1_AVID_709_Sa	Test1_AVID_RGB_	Test1_AVID_709_S
		Grundlage	mov	SaS.mov	aS.mov
		Codec	x264	x264	x264
		Bitrate in			
		kbit/sec (CBR)	50.000	50.000	50.000
		Set Black			
	Normalization	Level to 16	OFF	ON	ON

## Anlage 5: Test 1 – Versuchsprotokoll

### Test 1 - Export in Delivery-Codec - Versuchsprotokoll

	Dateiname	RANGE		Import in Avid MC	
		0-255	16-235	Gamma-Verz	Video entspricht Original
Export aus Avid Media Composer	Test1_AVID_RGB_SaS.mov	x		nein	ja
	Test1_AVID_709_SaS.mov	x		nein	ja
	Test1_AVID_RGB_H264.mov	x (angehoben)		ja	nein
	Test1_AVID_709_H264.mov	x		nein	ja
Export Adobe Media Encoder r AM	Test1_AVID_RGB_AM_H264.mp4		x (geclipped)	ja	nein
	Test1_AVID_709_AM_H264.mp4		x (compressed)	nein	nein
Export Sorenson Squeeze SO	Test1_AVID_RGB_SO_H264_0_255	x		ja	nein
	Test1_AVID_709_SO_H264_0_255	x		ja	nein
	Test1_AVID_RGB_SO_H264_16_235	x		ja	nein
	Test1_AVID_709_SO_H264_16_235	x		ja	nein
Export Sorenson Squeeze SO	Test1_AVID_RGB_SO_H264_0_255				
	Test1_AVID_709_SO_H264_0_255		x	ja	nein
	Test1_AVID_RGB_SO_H264_16_235		x	ja	nein
	Test1_AVID_709_SO_H264_16_235		x	ja	nein
Export TMPGE nc	Test1_AVID_RGB_TMPGEnc_H264.	x		nein	ja
	Test1_AVID_709_TMPGEn_H264	x		nein	ja

nicht per AMA-Link öffnen

Fehlermeldung: "Wrong Format", Absturz  
Per Import mit "File Pixel to Video Mapping": 709

(leichte Unschärfe, sichtbar bei Schriften)



## Anlage 6: Test 2 – Testbedingungen

### Testbedingungen

#### Programmversionen

Nr	Art	Name	Versionsnr.
1	Dekodierprogramm	VLC media player	2.1.0 (Intel 64bit)
2	Bildbearbeitung	Photoshop	CS6 13.0 x64
3	Betriebssystem	Mac OSX	10.9.5

#### Hardware

- 1 Apple Cinema Display 23 Zoll
- 2 Mac Mini Mitte 2011
  - Intel i5 2,3 Ghz
  - Intel HD 3000 Grafikeinheit

Anlage 7: Test 2 – Versuchsprotokoll

Farbe	Range	Superschwarz	schwarz	Geld (75%)	Cyan (75%)	Grün (75%)	Magenta (75 Rot)	Blau (75%)
Farbcode Original	Range geändert?	Superweiss	Weiss	255-255-255	235-235-235	0-0-0	191-191-191	191-191-191
Export aus Avid Media Composer	Test1_AVID_RGB_SaS.mov	ja*						
	Test1_AVID_709_SaS.mov	ja*						
	Test1_AVID_RGB_H264.mov	ja*						
	Test1_AVID_709_H264.mov	ja*						
Export Adobe Media Encoder AM	Test1_AVID_RGB_AM_H264.mp4	ja*						
	Test1_AVID_709_AM_H264.mp4	nein						
Export Sorenson Squeeze SO	Test1_AVID_RGB_SO_H264_0_255	ja*						
	Test1_AVID_709_SO_H264_0_255	ja*						
	Test1_AVID_RGB_SO_H264_16_235	ja*						
	Test1_AVID_709_SO_H264_16_235	nein						
Export TMPGEnc	Test1_AVID_RGB_TMPGEnc_H264.	ja*						
	Test1_AVID_709_TMPGEnc_H264	ja*						

\* = Da die Range geändert wurde und das Video nicht dem Original entspricht wurden keine weiteren Testwerte mehr genommen.

## Anlage 8: Test 3 – Versuchsprotokoll Mac OSX

Meßfelder Originalwerte vor Kodierung		Superweiss	Weiss	Superschwarz	schwarz	Gelb (75%)	Cyan (75%)	Grün (75%)	Magenta (75%)	Rot (75%)	Blau (75%)
		255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	191-191-0	0-191-191	0-191-0	191-0-191	191-0-0	0-0-191
Quicktime	Messwerte in Photoshop	Original	Original	Original	Original	191-200-0	0-208-189	0-218-0	180-45-187	182-21-0	0-36-185
VLC	Messwerte in Photoshop	Original	Original	Original	Original	193-187-0	0-190-191	0-186-0	196-48-194	199-23-0	0-39-193

Test1\_AVID\_709\_AM\_H264.mp4

## Anlage 9: Test 3 – Versuchsprotokoll Windows

	Meßfelder Originalwerte vor Kodierung	Superweiss	Weiss	Superschwarz	schwarz	Gelb (75%)	Cyan (75%)	Grün (75%)	Magenta (75%)	Rot (75%)	Blau (75%)
		255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	191-191-0	0-191-191	0-191-0	191-0-191	191-0-0	0-0-191
Quicktime	Messwerte in Photoshop	254-254-254	237-237-237	0-0-0	23-23-23	195-209-12	23-215-195	21-227-8	183-0-193	182-0-4	2-0-190
VLC	Messwerte in Photoshop	255-255-255	235-235-235	0-0-0	16-16-16	187-202-6	15-210-188	14-222-4	175-0-185	174-0-1	0-0-182

## Anlage 10: Testergebnisse Test 1 Abbildungen



Test1\_Avid\_709\_AM\_H264, entspricht Abb. 24 auf Seite 45



Test1\_Avid\_RGB\_AM\_H264, entspricht Abb. 25 auf Seite 45

## **Anlage 11: DVD**

Inhalt: Videos Test 1

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Hamburg, den 19.06.15

Alexander Meyer